

文章编号: 1000-0690(2002)01-0079-6

土地利用空间格局及其变化的图形信息特征分析

刘湘南¹, 许红梅², 黄 方¹

(1. 东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024; 2. 北京师范大学资源科学研究所、教育部自然灾害与环境演变开放研究实验室, 北京 100875)

摘要: 运用地理图形信息理论和景观生态学理论, 探讨了土地利用空间格局及其变化的图形化描述方法, 并以吉林省前郭县为例, 在 GIS 空间分析和统计分析模型的支持下, 分析了研究区土地利用空间格局及其变化的图形特征。结果表明: 每一土地利用类型图斑特征都可以用几个图形参数来刻画, 图形参数随面积变化而变化的曲线可以有效地揭示和区分不同的土地利用类型特征, 而土地利用空间格局及其变化则可用 VCM 曲线来描述。

关键词: 土地利用空间格局; 图形信息理论; 等步长变距离缓冲区分析; GIS 空间分析

中图分类号: S127 文献标识码: A

土地利用/土地覆盖变化是全球环境变化研究的核心内容^[1], 土地利用变化不仅体现为土地资源在数量、质量上的变化, 同样还表现为土地利用空间格局的变化^[2]。以往对土地利用变化研究多注重土地利用数量和质量的^[3~6], 而对其空间格局的变化研究较少, 在探讨空间格局时也主要是借助景观生态学的一些参数和指标, 描述空间格局的方法不够完备^[7~10], 因此如何准确地描述土地利用空间格局及其变化, 是土地利用变化研究领域的一个关键问题, 具有重要科学和实践意义。

地理事物或空间目标的重要特征之一是在时空序列上表现为特定的图形。这些地理图形包含着极其丰富的信息, 可以在一定程度上反映出地理事物的成因机制、生态功能、时空演化等^[11, 12]。土地利用是人类对土地的利用方式和使用状况, 是自然与人文作用的综合体^[13], 不同的土地利用类型因其成因机制等条件的不同而具有不同的图形特征, 因此土地利用空间格局也表现以时间为序列的不断演化的特定地理图形。本文从图形表达与分析的角度入手, 运用地理图形信息理论, 结合 GIS 空间分析方法, 以吉林省前郭县为例, 探讨土地利用空间格局、变化的图形特征及其描述方法。该研究为土地利用空间格局的形成机制和生态学意义等方面研究奠定了基础。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

吉林省前郭县地处松辽平原的东端、松嫩沙地的边缘, 地理位置介于 124°10'E~125°02'E、44°18'N~45°28'N 之间, 土地总面积 6 029.4 km², 是我国环境演化的一级敏感地带。该县属半湿润半干旱的大陆性季风气候, 年平均气温 4.5℃, ≥10℃积温为 2 948℃, 年降水量 400~600 mm。该区地貌类型复杂, 主要有泛滥平原、冲积湖积平原、故河道洼地阶地平原、高台地和沙垄与丘间洼地。地带性土壤为黑钙土, 地带性植被为草甸草原。该区开发历史很短, 只是近百年以来随着大量移民的涌入, 人口显著增加, 人类活动对土地利用模式的改变非常明显, 天然的草甸草原被垦殖, 取而代之的是大面积的耕地和建筑用地, 一些不合理的土地利用方式导致了不同程度的沙化和次生盐碱化。

2.2 数据源与数据处理

本研究中所用的遥感数据是前郭县 1987 年 9 月和 1996 年 9 月的 Landsat-TM, 这两期数据季相一致, 质量较好、无云。其它数据包括研究区地形图、植被图、政区图等相关专题图件。参照国家通用的土地利用现状分类系统, 根据前郭县当地的情况和本研究的具体要求, 将全县土地利用分为林

收稿日期: 2001-06-11; 修订日期: 2001-10-30

基金项目: 国家自然科学基金(49901017)、霍英东教育基金(71029)、教育部高等院校骨干教师资助项目。

作者简介: 刘湘南(1964-), 男, 湖南衡阳人, 博士, 副教授, 主要从事遥感、地理信息系统应用与开发研究。E-mail: liuxn@nenu.edu.cn

地、草地、水域、居工地、耕地及其它 6 种土地利用类型。在数据处理过程中,利用 PCI 遥感图像处理系统对这两期 TM 数据进行处理,以 1:10 万的地形图为准,对影像进行 image to map 的几何校正,然后进行辐射校正和增强处理,将纠正好的遥感影像与前郭县政区图相叠加提取研究区,最后,结合相关专题图件,经过人机交互解译,得到 1:10 万的前郭县 1987 年和 1996 年土地利用分类图。

2.3 土地利用空间格局变化的图形信息特征分析

土地利用空间格局由土地利用斑块的类型、数量、形状、空间分布及空间组合所决定^[14]。林地、草地、居工地、耕地等不同的土地利用类型的斑块因形成机制不同表现出不同的图形特征,这种特征一方面表现在单个斑块的形状,另一方面表现在某种土地利用类型斑块的空间分布上。因此,在研究土地利用空间格局的图形信息表达时,应着重于单个斑块形状和斑块空间分布的定量描述。斑块的形状主要通过图形参数来反映,斑块空间分布的描述主要采用等步长变距离缓冲区分析法进行分析。

1) 土地利用斑块的图形参数选取:周长和面积是土地利用斑块的两个基本参数,根据这两个基本参数,经过数学运算,可以得出反映斑块形状的一系列参数,如平均面积、形状指数、内缘比、分维数和圆度等。不同参数可以反映出斑块不同的图形特征,如内缘比表征斑块的边缘效应,分维数表示斑块的复杂程度,圆度表征斑块趋近于圆形的程度等。但引入参数过多,会增加分析的复杂性,另外,部分参数之间的相关性较强,因此在本研究中,利用主成分分析法,从反映斑块形状的 5 个参数中,选取出能充分反映不同土地利用类型斑块形状特征的参数,分析林地、草地、居工地和耕地的图形参数在 1987 年和 1996 年的变化。

2) 等步长变距离缓冲区分析法^[15]:缓冲区分析是 GIS 空间分析中最主要、最基本的方法之一,是通过按一定距离对指定的目标建立缓冲区。土地利用斑块在矢量图中表现为多边形,当对特定土地利用类型的多边形进行缓冲区分析时,相邻斑块间的距离如果小于缓冲区半径的二倍,它们之间的缓冲区就会叠加,当斑块较多时,就形成一组叠加区域。缓冲区叠加组中叠加部分的数量由缓冲区半径和斑块的空间分布所决定。随着缓冲区半径的不断变化,叠加集所包含的叠加部分的数量也有所变化,两者之间的关系可以定量地反映出斑块的

空间分布格局。

不同的土地利用类型斑块的空间分布特征不同,有些斑块间的间距很小,分布较为密集;而有些斑块间距很大,分布分散。以 TM 影像的空间分辨率 30 m 为步长进行缓冲区分析,并将分析结果以缓冲区半径的变化作为 X 轴,发生叠加的斑块增加的个数占斑块总数的百分比作为 Y 轴,就可以得到反映斑块空间分布格局的曲线,称 VCM 曲线(variable clumping method)。当斑块分布较集中时,曲线的峰值偏左;当图斑分布较分散时,曲线的峰值偏右;当图斑按相对固定的间距排列时,曲线在该距离上出现峰值^[7]。在本研究中运用等步长变距离缓冲区分析法分析不同土地利用类型斑块空间分布特征的差异及其变化情况。

2 土地利用变化模式及图形特征

2.1 土地利用变化的基本模式

通过空间统计分析,可获得土地利用斑块类型和数量变化,表 1 给出了研究时段内各土地利用类型的总面积、斑块数和平均斑块面积的变化。结果表明:从总面积上看,在 1987~1996 年期间,研究区内林地、草地的面积明显减少,居工地的面积变化不大,水域和耕地的面积略有增加,而其它土地利用类型的面积增加明显;从斑块数和平均斑块面积来看,6 种土地利用类型的斑块数都有所增加,而平均斑块面积则不同程度减少,这表明研究区内景观破碎化程度增加,其中以草地的斑块数和平均斑块面积变化最大,水域和林地的变化也很明显。

2.2 土地利用斑块的图形特征分析

不同土地利用类型的斑块,其图形特征各异,变化情况不同。选取反映斑块形状的 5 个图形参数,即内缘比、圆度、分维数、平均面积、形状指数,并计算了不同土地利用类型相对应的图形参数值。为了减少分析的复杂性,对上述 5 个因子进行了主成分分析(表 2、3)。结果表明:分维数与形状指数呈正相关,与圆度呈负相关,并且其前两个主成分的累计贡献率已达 93.49%,可以充分代表原始信息,据此对 5 个因子进行载荷分析,得出分维数和圆度是最具代表性的参数。其中,前者反映了斑块边缘的复杂程度,其理论范围在 1.0~2.0,1.0 代表形状最简单的正方形,2.0 代表同等面积下周长最复杂的图形;后者反映了斑块趋近于圆形的程度,即斑块的紧凑程度。圆形斑块为 $1/\pi$,愈偏离

表1 1987~1996年各土地利用类型变化表

Table 1 Change of different land use type between 1987-1996

指标	年份	林地	草地	水域	居工地	耕地	其它
总面积 (km ²)	1987	393.97	1368.74	461.50	262.79	3156.98	385.48
	1996年	313.19	882.26	482.46	259.72	3461.79	630.03
	变化(%)	-20.5	-36.6	+4.5	-1.2	+9.6	+67.0
斑块数 (个)	1987	463	65	47	629	73	85
	1996	763	180	114	687	115	158
	变化(%)	64.8	176.9	142.6	9.2	57.5	85.9
平均斑 块面积 (km ²)	1987	0.949	21.516	10.041	0.393	43.246	4.463
	1996	0.518	4.768	4.162	0.379	30.103	4.031
	变化(%)	-45.3	-77.8	-58.6	-3.6	-30.3	-9.7

表2 图形参数相关系数矩阵

Table 2 Matrix of the correlation coefficient of graphical indices

	内缘比	形状指数	分维数	平均面积	圆度
内缘比	1				
形状指数	0.244	1			
分维数	0.151	0.951	1		
平均面积	0.581	0.758	0.546	1	
圆度	-0.054	-0.919	-0.99	-0.475	1

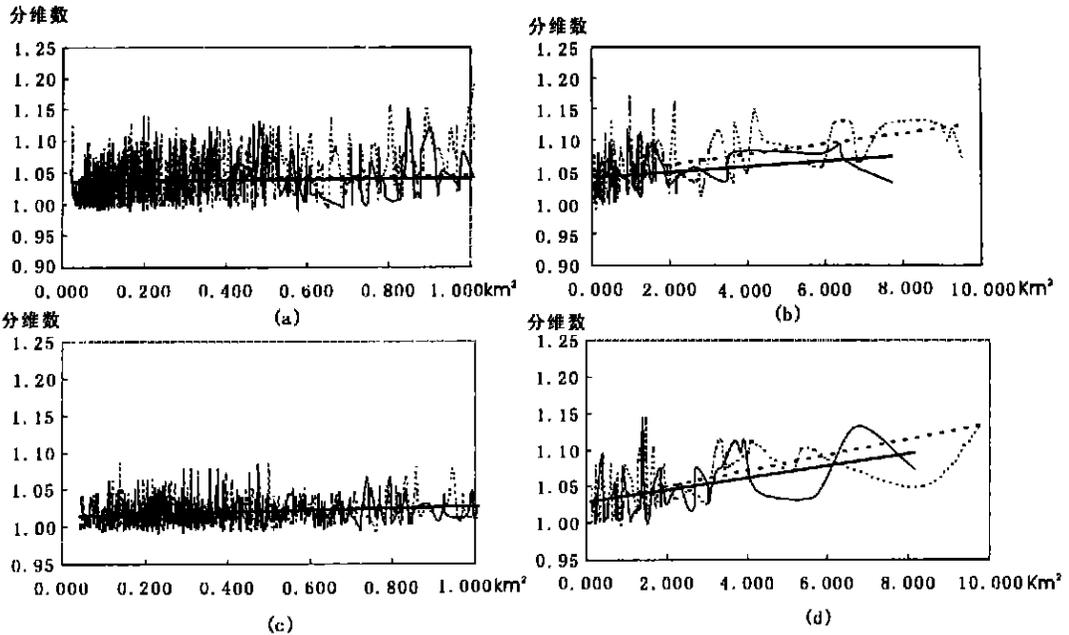
表3 主成分特征值及贡献率

Table 3 Principal eigenvalues and contributive rates

主成分	特征值	贡献率	累计贡献率
1	3.45	69.008	69.008
2	1.224	24.488	93.496
3	0.313	6.251	99.747
4	0.012	0.234	99.981
5	0.009	0.019	100

于圆形,圆度值也趋向于0。研究时段内不同土地利用类型分维数和圆度的变化曲线见图1、2。

从分维数来看,居工地的分维数最小,草地的分维数最大,面积较小的耕地,其分维数也较小;居



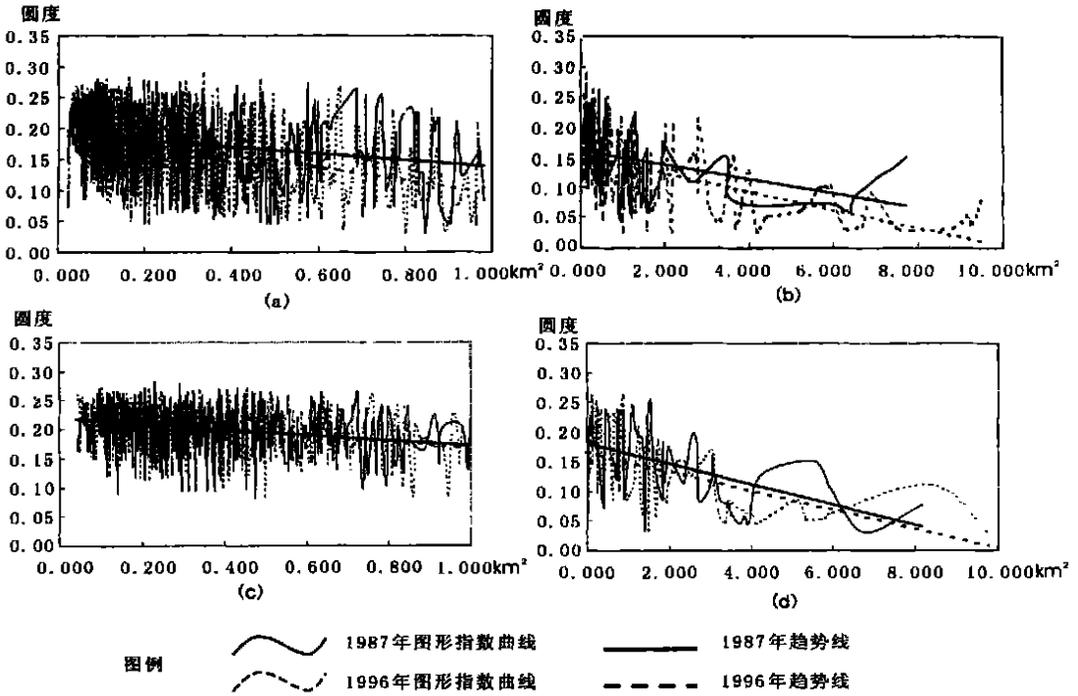
(a) 林地、(b) 草地、(c) 居工地、(d) 耕地

图1 土地利用类型分维数变化曲线

Fig. 1 Fractal dimension curves of different land uses in 1987a and 1996: (a) forest, (b) grassland, (c) resident, (d) farmland

工地和林地的分维数受斑块面积的影响不大,而草地和耕地的分维数随斑块面积的变大有明显的增加趋势。因而,从图形特征来看,居工地和林地的斑块边缘形状比较简单,而草地和耕地较复杂,并且草地和耕地的面积愈大边缘愈复杂。该区的天

然植被是草甸草原,林地大多为人工林,因此林地、居工地受人类活动影响明显、分维数小、斑块形状简单,小块耕地的形状也较简单,但集中连片分布后边缘形状变复杂。对比各土地利用类型1987年和1996年的分维数可知,居工地和林地的分维数



(a) 林地、(b) 草地、(c) 居工地、(d) 耕地

图 2 土地利用类型圆度变化曲线

Fig. 2 VCM curve of each land use type: (a) forest, (b) grassland, (c) residential, (d) farmland

变化很小,特别是斑块面积较小的居工地和林地,其分维数几乎保持不变,只有面积大一些的斑块,其分维数才在研究时段内有所增大;而草地和耕地的分维数 1996 年比 1987 年都有所增大,并且以草地最为明显,表明随着垦殖程度的加强,原来大面积分布的草地不断被吞噬,斑块边缘趋于复杂。从圆度来看,居工地的圆度最大,形状最为紧凑,内部生境面积最大;草地的圆度最小,形状不紧凑,并且草地和耕地的斑块面积愈大,其斑块与圆形相差的也愈大,内部生境面积愈小。对比各土地利用类型 1987 年和 1996 年的圆度可见,居工地的圆度保持不变,林地、草地和耕地的圆度有不同程度的减小,并且这种变化因斑块面积的大小而有差异,面积大的斑块圆度减小明显,面积小的变化较小。

2.3 土地利用空间格局图形特征分析

土地利用空间格局是由异质性的斑块镶嵌而成的,从错综复杂的斑块镶嵌中发现其空间分布规律是土地利用空间格局研究的关键。在本研究中采用等步长变距离缓冲区分析法分析了不同土地利用类型斑块的空间分布特征,并探讨了研究时段内其空间分布特征的变化(见图 3)。

从空间分布特征来看,耕地 VCM 曲线的峰值

偏左,且只有一个峰值,表明耕地的斑块呈大面积集中连片分布,斑块间距大都在在 60 m 之内。居工地 VCM 曲线的峰值集中在 400~ 800 之间,表明居工地斑块的分布比较分散,间距多在 800~ 1 600 m 之间,且曲线在 390 m、510~ 630 m、720~ 810 m 都出现较高峰值,表明居工地的斑块按这些间距分布较多。林地和草地的 VCM 曲线的峰值也都偏左,但相对来说,草地斑块的分布比林地集中。对比 1987 年和 1996 年各土地利用类型的 VCM 曲线,林地、草地和居工地变化的趋势都是在近距离内叠加的斑块数有不同程度的增加,在远距离上有所减少,表明在研究时段内,研究区景观的破碎度加大、斑块数增加、斑块之间的距离变小。

3 结 论

1) 土地利用空间格局变化是土地利用变化研究的一个重要内容。土地利用空间格局由异质性的斑块镶嵌而成,因而斑块形状、斑块空间分布形态等方面的定量描述是空间格局研究的关键。

2) 不同土地利用类型斑块形状的图形参数特征及其变化的结果表明,林地、居工地和斑块面积较小的耕地的分维数较小,且基本不受斑块面积

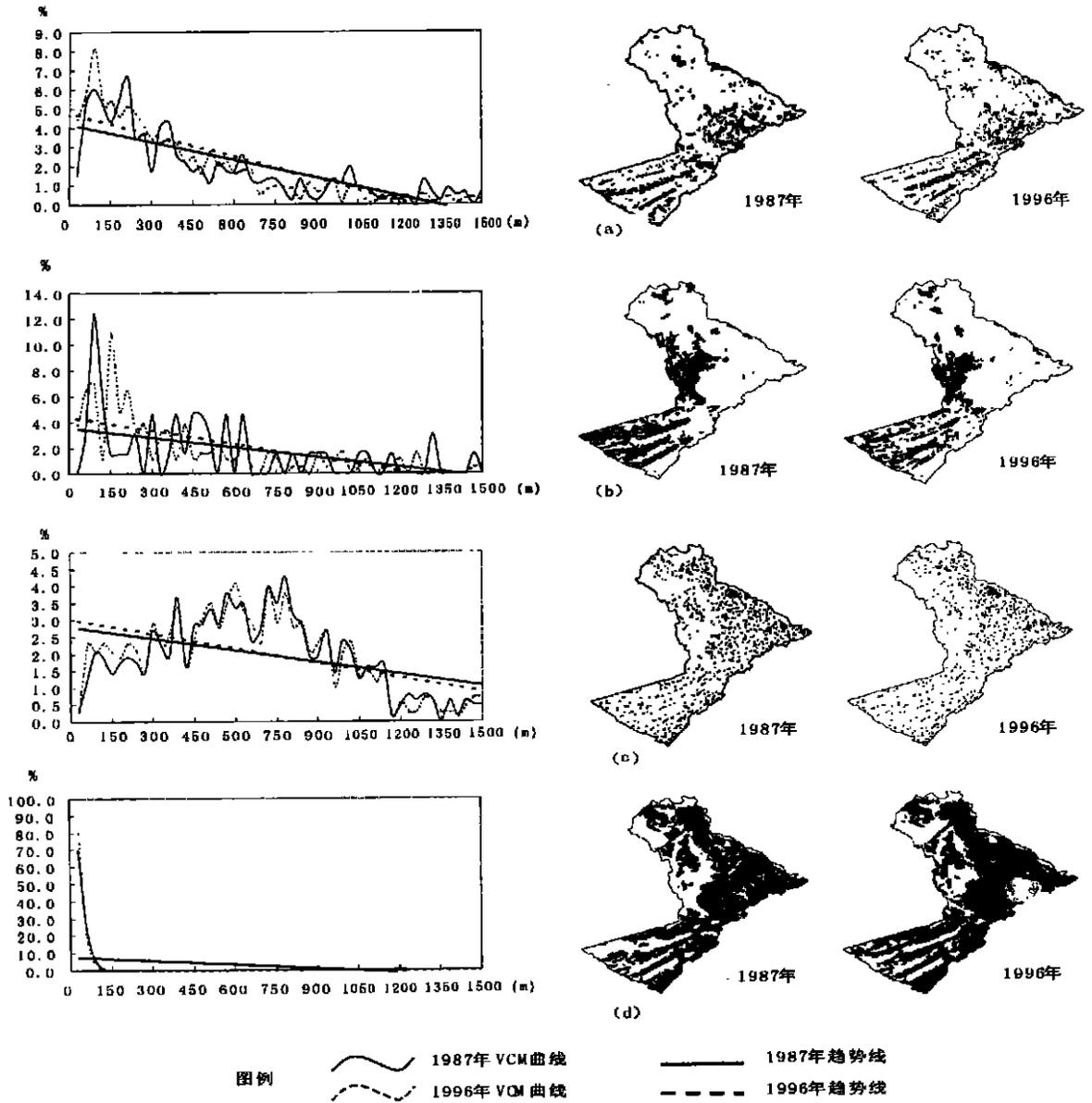


图3 土地利用类型 VCM 变化曲线

Fig. 3 VCM curve of each land use type: (a) forest, (b) grassland, (c) residential, (d) farmland

大小的影响。而草地和斑块面积大的耕地的分维数较大,分维数与斑块面积呈正相关,并且分维数变化明显。居工地的圆度最大,草地的圆度最小,并且草地和耕地的斑块面积愈大,其斑块与圆形相差的也愈大。

3) 各土地利用类型的 VCM 曲线的结果表明,耕地的 VCM 曲线偏左,且只有一个峰值,表明耕地呈大面积连片分布;林地和草地的 VCM 曲线峰值也偏左,但相对来说草地斑块的分布比林地集中;居工地 VCM 曲线峰值居中,且有多峰值,表

明居工地分布分散,且多按峰值距离的两倍等距分布。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553~ 55.
- [2] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81~ 86.
- [3] 史培军, 陈晋. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151~ 159.
- [4] Tsai Bor Wen, Chang Chang Yi. Spatial Analysis in GIS—the

- land use change in the coastal area of Yunlin County, Taiwan [J]. 台湾大学地理学系. 地理学报, 1997, 22: 1- 12.
- [5] 傅伯杰, 陈利顶. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境影响[J]. 地理学报, 1999, 54(3): 241~ 245.
- [6] 王晓栋, 崔伟宏. 县级土地利用动态监测技术系统研究[J]. 自然资源学报, 1999, 14(3): 265~ 270.
- [7] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 407~ 416.
- [8] 马克明, 傅伯杰. 北京东灵山区景观类型空间邻接与分布规律[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 748~ 752.
- [9] 郭晋平, 薛俊杰. 森林景观恢复过程中景观要素斑块规律的动态分析[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 218~ 223.
- [10] 刘灿然, 陈灵芝. 北京地区植被景观中斑块形状的数量分析[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 559~ 567.
- [11] Sung Q C, Chen Y C, Chao P C. Spatial variation of fractal parameters and its geological implications[J]. Terrestrial Atmospheric and Oceanic Science, 1998, 9(4): 655~ 672.
- [12] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley, 1986.
- [13] 刘湘南, 许红梅, 曹文. 吉林省前郭县土地利用变化空间差异的机制分析[J]. 地理科学进展, 2001, (1): 60~ 66.
- [14] Forman R T T. Land Mosaics[M]. Cambridge University, 1995.
- [15] Hall C A S, Tian H. Modelling spatial and temporal patterns of tropical land use change[J]. Journal of Biogeography, 1995, 22: 753~ 757.

Study on Graphic Information Characteristics of Land Use Spatial Pattern and Its Change

LIU Xiang-nan¹, XU Hong-mei², HUANG Fang¹

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024;

2. The Institute of Resource Science, Beijing Normal University/ The Open Research Lab. of Environment Change and Natural Disasters of the State Education Commission, Beijing 100875)

Abstract: Land use is a number of heterogeneous spatial pattern driven by complex force. Land use change displays not only quantity and quality change, but also spatial pattern change. In this article we discuss the method to describe spatial pattern of land use quantitatively. Furthermore, we select Qianguo County of Jilin Province as study area which lies in agricultural ecotone in north China and analyze spatial pattern change of land use change in this area based on geography graphic information theory and combined statistic analysis and spatial analysis of GIS. The results indicate that fractal dimension and circularity can reflect graphic information of land use patches from both the patch shape and coherence. The fractal dimension and circularity vary in different land use types and change with patch area. The fractal dimension of residence is the smallest while grassland largest, patch area have little influence on the fractal dimension of forest and residence which are almost unchanged during the study period, and the fractal dimension of grassland and farmland change significantly and this change is relative with patch area. The circularity of residence is largest among all the land use types while grassland smallest, and the circularity of grassland and farmland change small as patch areas become large. The circularity of residence is almost unchanged, but the circularity of forest, grassland and farmland decreased in different extent. The curve of variable distance buffer analyzing method can declare clearly the spatial distribution of patches by measuring the connectivity and concentration of patches. The VDM curve of farmland close to the left side of the scale and only has one peak, which show the patches of farmland close to each other. The VDM curve of both forest and grassland close to the left side also, by the patches of grassland closer than forest, and the VDM curve of residence has several peaks which mediate, and the patches of residence are disperse.

Key words: spatial pattern of land use; graphic information theory; same step variable distance buffer analysis; spatial analysis in GIS