

佛山市景观格局变化及其动力梯度分析

郭程轩, 徐颂军, 巫细波

(华南师范大学 地理科学学院, 广东 广州 510631)

摘要: 基于遥感、GIS 和地统计学分析方法, 通过引入景观指数、景观变化动态指数和景观变化动力梯度指数, 定量分析了佛山市土地利用景观格局的时空变化及其综合驱动力的空间分异。结果表明, 佛山市景观的数量与格局都发生了剧烈的变化, 且差异显著。1991—2005 年, 佛山市景观的数量变化主要以耕地和城镇景观为主, 前者大规模减少, 而后者剧烈增加; 耕地与园地景观受干扰的程度最大, 景观破碎程度较高; 而林地尽管受到一定干扰, 但破碎程度不高, 景观趋于均匀; 城镇景观的斑块集中连片分布趋势明显, 但依然显示出强烈的破碎状态。对驱动力因子的空间梯度分析表明, 1991—2005 年, 佛山市景观格局变化的动力因素呈现出显著的空间梯度分异, 且与佛山市土地利用景观的数量和空间变化形成了较好的对应关系。从空间上度量景观格局变化驱动力的空间梯度分异, 有利于寻找驱动景观格局形成过程与格局本身之间的对应关系, 进而加深对区域景观格局变化的深入理解。

关键词: 景观格局; 遥感与 GIS; 驱动力; 梯度分析; 佛山市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)01-0238-06

中图分类号: P901, F293.2

Spatial Patterns and Gradient Heterogeneity of Driving Forces of Landscape Change in Foshan City

GUO Cheng-xuan, XU Song-jun, WU Xi-bo

(College of Geography Science, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510631, China)

Abstract: Great attentions have been paid on landscape pattern changes and the driving forces for rapidly urbanizing areas in recent years. Based on TM images of Foshan City in 1991 and 2005, landscape metrics, landscape change driving forces index(LCDI) and landscape gradient index(LCGI) were selected to analyze the changes of landscape pattern and spatial gradient heterogeneity of driving forces with GIS and geostatistics. The results indicate that the landscape pattern changed remarkably from 1991 to 2005. Changes of cultivated lands and constructional lands were dominant in the whole landscape change. The area of cultivated lands reduced greatly from 37.50% to 15.09%. Meanwhile, the total area of construction lands increased 98 570 hm² during 1991—2005, with the highest LCDI value. According to the results of landscape metrics analysis, the fragmentation degree of cultivated lands and garden lands were relatively high, due to the intense human disturbances in these lands. Woodlands showed symmetrical spatial characteristics. Construction lands had the highest fragmentation degree of all the landscapes in the city, although strong spatial distribution centrality was found in constructional lands. Through spatial analysis on synthetic driving forces of the landscape changes, the spatial gradient heterogeneity became increasingly evident from 1991 to 2005, closely related to landscape patterns and driving forces. Spatial gradient analysis on driving mechanism of landscape pattern change is proven helpful in identifying the relationship between landscape patterns and processes, which could potentially enhance our understanding of the pattern and direction heterogeneity of landscape pattern changes.

Keywords: landscape pattern; remote sensing and GIS; driving forces; gradient analysis; Foshan City

收稿日期: 2010-07-21

修回日期: 2010-08-20

资助项目: 国家自然科学基金项目“珠江三角洲人工红树林次生湿地生态系统健康信息图谱研究”(40971040), “多核型都市区路网演进与景观空间格局变迁研究: 以广佛为例”(40871086); 广东省自然科学基金项目“珠江三角洲红树林湿地对低温寒害的景观生态响应与调控”(8151063101000016); 广东省软科学研究计划项目“干扰胁迫下珠江三角洲自然保护区可持续发展研究”(2009B070300106)

作者简介: 郭程轩(1978—), 男(汉族), 河南省平舆县人, 博士研究生, 讲师, 主要从事环境与景观生态研究。E-mail: guocx@sncu.edu.cn.

通信作者: 徐颂军(1962—), 男(汉族), 广东省梅州市人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物地理与环境生态学研究。E-mail: xusj@sncu.edu.cn.

近年来,随着 IGBP 和 IHDP 新的土地研究计划 (GLP) 的开展,LUCC 研究开始逐步向更深层领域、跨学科方向发展,在研究内容和研究方法上都有了新的进展和突破^[1-2]。对 LUCC 的度量正越来越多的引入景观生态学的研究方法^[3-7]。然而在 LUCC 的驱动机制研究上,不少研究主要通过建立影响因素和土地利用变化间的概念模型或统计模型对驱动因子进行定性或定量描述^[8-10],而对 LUCC 驱动因子的空间变化缺乏定量分析。LUCC 是土地景观结构、功能和空间格局受其内部作用力和外部作用力综合驱动的复杂过程^[11],这一过程在不同区域具有显著的空间差异,且具有明显的尺度效应。为了能够从空间上表达 LUCC 景观变化综合驱动力的作用程度、范围和方向,加深对区域土地利用景观变化的理解,利用地统计学分析其驱动力不失为一种有效的空间测度方法。本文以快速城市化区域广东省佛山市为研究对象,以遥感数据为基础,通过引入景观指数 (landscape metrics)、景观变化动态指数以及景观变化动力梯度指数,结合 GIS 的空间分析方法,在对佛山市土地利用景观格局变化进行有效测度的基础上,着重对其综合动力因子的空间梯度分异进行了定量描述。本研究对理解研究区景观格局变化驱动力的空间差异及其机制,尤其从空间上寻找驱动格局形成的过程与格局内部各因素之间的对应关系具有重要意义。

1 研究区概况

佛山市地处珠江三角洲腹地,毗邻广州西部,地理位置处于 $112^{\circ}22' - 113^{\circ}23'E, 22^{\circ}28' - 23^{\circ}34'N$,属亚热带季风性湿润气候,自古就是鱼米之乡。地势西北高,东南低,地貌类型以平原为主,兼有低山、丘陵、台地等。珠江的两大支流西江、北江贯穿全境,属于典型的河网地区。自 20 世纪 80 年代以来,佛山市经历了 4 次行政区域调整,目前佛山市下辖禅城区、南海区、顺德区、高明区和三水区 5 个辖区,面积 $3\,848.49\text{ km}^2$,截至 2006 年,全市常住人口 579 万人。作为我国改革开放的先期之地,佛山市从 20 世纪 80 年代就开始经历了规模性的土地利用变化与城市化发展进程,是我国快速城市化的典型区域之一。从 20 世纪 80 年代至今,佛山市国民经济一直呈现出高速增长态势,受社会经济的迅速发展和人口增长的带动,佛山市土地利用程度和强度不断扩大,城市景观格局呈现出剧烈变化。但是,由于受自然条件、经济水平、产业结构以及政策制度等不同因素的影响,佛山市各区域土地利用景观存在较大的空间差异,发展不平衡。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

本研究采用的基础数据分别为美国陆地资源卫星所获取的 1991 年 10 月的 Landsat TM 数据 (30 m),2005 年 10 月的 Landsat ETM 数据 (28.5 m)。数据源自 Maryland 大学 GLCF (Global Land Cover Facility) 数据库的 Earth Science Data Interface (ESDI) 数据平台。由于 GLCF 所提供的遥感数据已经过几何校正,误差被控制在 2 个像元之内,因此在此基础上直接进行了研究区的边界裁剪和信息增强。研究中所采用的辅助数据主要包括 1996 年佛山市土地利用现状图,佛山市 1:10 万地形图,2003—2005 年佛山市 1:10 万土地利用详查数据,佛山市 1:10 万政区图,佛山市社会经济统计资料以及 2005 年 4 月对佛山市的实地调查数据等。

按照我国现行《土地利用现状分类》(GB/T21010-2007) 国家标准^[12]和《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》中确定的土地利用分类标准^[13],将研究区土地利用景观类型分为 16 小类,归并小类后形成适合本研究区的 6 大类土地利用景观类型。它们分别是:耕地景观(包括旱地、水田、养殖水面和菜地);园地景观(包括草地和园地);林地景观;城镇用地景观(即城镇建设用地,包括居民点用地、基础设施用地、交通及工矿用地和商服用地、城市绿地);水域景观(包括河流、湖泊、水库)和未利用土地景观(包括滩涂)。将草地并入园地景观,主要是因为研究区草地分布较少,大多邻近园地,面积不大且斑块较为零碎,大多数斑块的像元数在解译设定的最小斑块像元数阈值以下,为了计算方便而不再对草地进行单独分析,将其并入园地景观,对研究结果影响不大。在 ERDAS 9.1 软件支持下,选取 2,3,4 波段和 2,4,7 波段 2 种组合对影像进行彩色合成,采用监督分类和非监督分类相结合的混合分类法对影像进行解译,获得研究区域 1991 年和 2005 年的景观类型分布图(附图 6)。结合土地利用现状图、地形图和野外实地验证,两期影像解译精度皆达到 85% 以上。分别度量和统计附图 6 中各土地利用景观类型的斑块数、面积、周长及其比例等数据,建立相应的景观属性数据库。

2.2 研究方法

(1) 景观指数 (landscape metrics)。景观格局指数本身大多并不具备明确的生态意义,但具有较强的解释价值和比较意义,尤其在有效刻画景观组分的空间分布与空间形态上具有十分显著的优势,在研究中应用十分广泛。

根据景观指数间的相关性和所反映信息的冗余程度,本文分别基于类型尺度上选取了反映景观数量变化规模的最大斑块指数(largest patch index, LPI);反映景观空间分布的平均临近度指数(Mean Proximity Index, MPI)以及反映景观格局形状的分维度指数(Perimeter area ratio fractal dimension index, PAFRAC)。基于景观尺度选取了香农多样性指数(Shannon's diversity index, SHDI);优势度指数(dominance index, DI);破碎度指数(Fragmentation index, FI)和蔓延度指数(Contagion index, CONTAG),各景观指数运算均通过 FRAGSTATS 3.0 软件来完成。

(2) 景观变化动态度指数(LCDI)。该指数来源于 LUCC 的动态度模型,主要用于表示一定时间范围内某种土地利用景观类型面积的变化程度,以刻画土地利用景观变化的数量特征,其表达式为:

$$LCDI = \frac{L_b - L_a}{L_a} \times \frac{1}{T} \times 100 \quad (1)$$

式中:LCDI——研究时段内某一土地利用景观类型的动态度; L_a, L_b ——分别是研究期开始(a 时刻)和结束时(b 时刻)某一土地利用景观类型的面积; T —— a 时刻到 b 时刻的研究时段长,当 T 的时段设定为年时, LCDI 的值就是该研究区某种土地利用景观类型的年变化率。

(3) 景观变化动力梯度指数(LCGI)。对景观格局变化驱动力的分析是对景观格局研究内容的深化^[14],有助于揭示景观过程并预测景观演变趋势。本文借鉴刘纪远等^[15]的研究成果,构建景观变化综合动力梯度指数,以表达土地利用景观变化驱动力因子的综合作用,并结合 GIS 地统计学分析工具使之在空间上实现梯度分析,其公式为:

$$LCGI = \sum_{i=1}^n A_i S_i / T_A \quad (2)$$

式中:LCGI——景观变化综合动力梯度指数; A_i ——第 i 类土地利用景观类型对应的动力指数; S_i ——第 i 类土地利用景观类型的面积; T_A ——土地利用景观总面积。

LCGI 是一个反映自然和人类活动影响土地利用景观程度的指标,其值介于 0~1 之间,数值越大,表明土地利用景观受到的自然和人文综合驱动力越强,反之则越弱。各土地利用景观类型对应的驱动力指数的确定参照刘纪远^[15]、王静爱^[16]、陈浮^[17]等人的研究成果,再结合 Delphi 打分统计和研究区的实际情况,确定了研究区不同土地利用景观类型的动力指数(表 1)。

表 1 不同土地利用景观类型对应的动力指数

景观类型	耕地	园地	林地	城镇	水域	未利用土地
动力指数	0.62	0.45	0.11	0.82	0.12	0.03

利用 ArcGIS 9.2 对解译后生成的两期土地利用景观类型分布图进行等积网格化处理。根据佛山市土地利用程度、强度和土地景观破碎程度的初步分析,确定网格大小为 1 000 m×1 000 m,对边界上网格内的不规则地块,面积大于 1/2 个规则网格的单独作为一个网格,面积小于 1/2 个规则网格的并入相邻的网格^[18]。每幅图共生成 4 209 个规则网格,用 Python 2.4 编程分别计算出每个等积网格中不同土地利用景观类型的面积,再按照公式(2)和表 1 分别计算两幅图中各等积网格中的 LCGI 值并以面状的 shape 格式文件进行保存。对 4 209 个等积网格 LCGI 面状数据进行运算,最终生成佛山市 2 个时期的 LCGI 空间梯度分布图(图 1)。

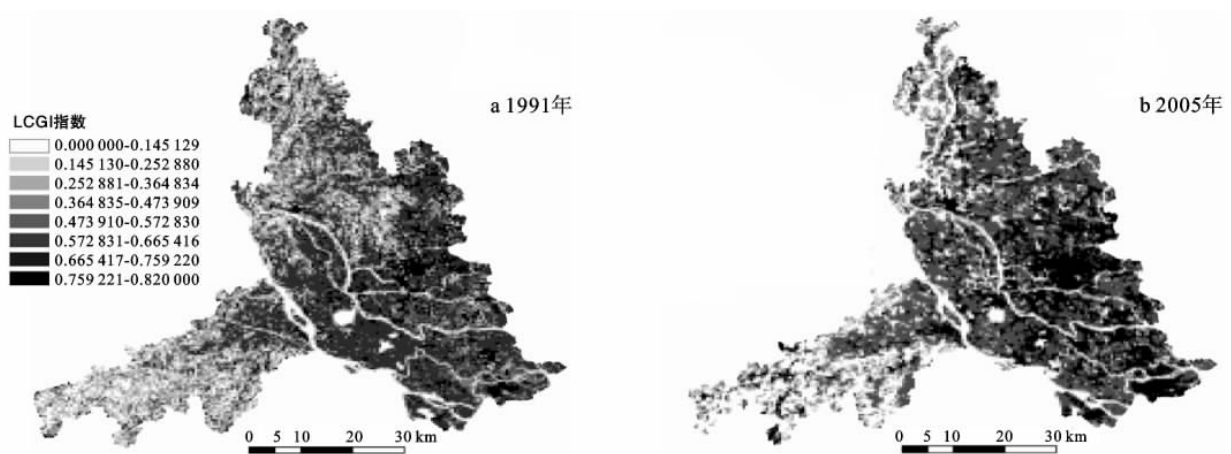


图 1 1991 年和 2005 年佛山市景观格局变化动力梯度指数(LCGI)分布

3 研究结果分析

3.1 佛山市景观数量特征及其空间变化

从附图 6 和表 2 可以看出,1991 年,佛山市主要的土地利用景观类型以耕地景观为主,面积为 144 309 hm²,占研究区总面积的 37.50%,其次是水域和林地景观,比例分别为 26.72%和 19.25%;城镇景观斑块数量最多,但面积不大,所占研究区总面积的比例仅为 10.01%。20 世纪 90 年代初期,尽管佛山市已经开始掀起经济发展的热潮,但由于工业化和城市化刚刚起步,城市扩展速度还没有达到较高的水平,土地的建设利用呈现出零星的空间分布,且规模不大。从附图 6 来看,1991 年耕地景观主要分布于佛山市中部、南部的西江与北江之间的冲积平原和台地区域,得益于该区域得天独厚的自然环境条件,农业用地占据了较大的发展空间;林地景观的分布相对比较集中,以西部高明区的大部分地区和北部三水区的部分地区为主。

1991—2005 年,佛山市景观结构发生了剧烈的变化,特别是主要景观类型由 1991 年的以耕地景观为主转变为以城镇景观为主。表 2 显示,1991—2005 年期间,佛山市耕地面积减少了 86 249 hm²,平均每年减少 6 160 hm²,所占区域总面积的比例下降到 15.09%,景观变化动态度达到 -4.27;与 1991 年相比,佛山市城镇景观斑块与面积皆有所增加,尤其是景观面积由 38 512 hm² 猛增至 137 082 hm²,年均增加 7 040 hm²,比例达到 36.62%,景观变化动态度达到 18.28,表明从 1991—2005 年,佛山市景观变化以城镇景观为主导,呈现出蔓延性扩张状态,这与 14 a 来佛山市不断提高的城市化、工业化水平紧密相关。

通过文献和统计数据发现,佛山市景观变化在 2005 年前后经历了较为活跃的发展时期,特别是 2003 年佛山市行政区域调整以来,“大佛山”和“2+5”组团(2 个 100 万人口以上的城区组团和 5 个 30~50 万人口规模的城区组团)的概念开始出现,佛山市以农业活动为主的耕地向以工业和第三产业为主的

建设用地急剧转化。附图 6 和表 2 表明,1991—2005 年期间,佛山市南部、东部和西部区域大量减少的耕地景观主要为城镇景观所取代,这一时期的水域和林地景观略有减少,但比例下降不大,LCDI 分别为 -0.44 和 -0.21,表明这两类景观在 14 a 期间维持了此消彼长,相对均衡的增减状态;园地景观的变化幅度较小,LCDI 仅为 0.02,这与研究之前预想的有所不同,可能与数据解译过程中由于将草地并入园地而产生的误差有关;未利用地景观发生了一定程度的减少,14 a 来净减少 4 757 hm²,LCDI 达到 -1.98,变化程度仅次于耕地,表明随着佛山市土地利用程度的加大,越来越多的未利用地被开发和占用。

3.2 佛山市景观空间格局及其动态变化

表 3 与表 4 分别基于类型尺度和景观尺度反映了佛山市景观空间格局及其变化状况。从表 3 可以看出,从 1991—2005 年,除城镇景观外,耕地、园地、林地、水域以及未利用地景观的 LPI 皆呈减小趋势,说明各景观最大斑块的面积正趋于下降,斑块愈来愈趋于均匀,其中耕地的减小幅度最大,LPI 从 19.911 3 减至 7.767 7,反映出耕地景观中最大的斑块面积出现了大规模的缩减;城镇景观与其它景观类型呈现出强烈的反差,LPI 显著增加,2005 年较 1991 年增幅达 70.33%,反映出佛山市城市化规模的提高所形成的城市核心景观斑块的集中连片分布状况。

MPI 反映了景观的邻近程度以及景观的破碎度,MPI 值越小,表明景观邻近度越低,破碎程度越高,而 MPI 值越大,则表明景观的连接性越好。从表 3 可见,1991—2005 年期间,佛山市城镇景观的 MPI 值变动不大,可能性的解释是尽管佛山市空间规模显著增加,但城市扩张前后的城镇景观斑块离散性和连接性反差并不明显,这一解释尚需要其它指数予以验证;耕地与园地景观的 MPI 值下降明显,说明两类景观受干扰的程度最大;而林地景观虽然趋于均匀,但 MPI 所揭示的破碎化程度并不高,且规则化趋势显著,这与佛山市林地景观的空间分布较为集中不无相关。

表 2 1991—2005 年佛山市不同土地利用景观类型的变化统计

景观类型	1991 年			2005 年			1991—2005 年面积变化/hm ²	1991—2005 年 LCDI
	斑块数/个	面积/hm ²	面积百分比/%	斑块数/个	面积/hm ²	面积百分比/%		
耕地	267	144 309	37.50	133	58 060	15.09	-86 249	-4.27
园地	94	7 917	2.05	99	7 936	2.06	19	0.02
林地	192	74 092	19.25	135	69 543	18.07	-4 549	-0.44
城镇	331	38 512	10.01	393	137 082	35.62	98 570	18.28
水域	87	102 818	26.72	67	99 781	25.93	-3 037	-0.21
未利用地	101	17 201	4.47	75	12 444	3.23	-4 757	-1.98

表 3 佛山市 1991 年和 2005 年各景观类型特征指数

景观类型	1991 年			2005 年		
	LPI	MPI	PAFRAC	LPI	MPI	PAFRAC
耕地景观	19.911 3	2.356 7	1.460 9	7.767 7	1.153 3	1.263 4
园地景观	2.276 0	2.795 0	1.397 9	1.600 9	2.073 2	1.360 0
林地景观	3.577 6	1.488 1	1.575 4	2.802 3	3.217 9	1.143 3
城镇景观	9.583 3	3.355 6	1.457 3	16.323 5	3.712 2	1.829 0
水域	30.101 5	0.217 6	1.483 4	28.761 8	0.507 9	1.357 6
未利用地景观	1.176 7	3.483 2	1.363 4	0.733 3	1.959 9	1.529 5

表 3 还可以看出,除城镇景观和未利用地景观外,其余景观类型的 PARFRAC 值皆有所增加。耕地与园地景观 PARFRAC 值的减少吻合了两者 MPI 值的解释;林地的 PARFRAC 值下降幅度最大,更加说明了研究区林地景观在空间形态上越来越高的规则性分布程度;而水域景观的 PARFRAC 值与 MPI 和 LPI 值对其所揭示的规律相似,皆表现为复杂性降低,规则性增强的趋势。此外,不少研究结论认为,受人类干扰弱的景观斑块一般会保持原始自然力形成时的状态,边界不规则,而受人类干扰强的景观斑块则出现边缘整齐,形状规则的特点^[19]。而本文的研究发现,研究区的城镇景观所呈现出来的规律不完全如此,尽管 LPI 与 MPI 都有所增加,表明该景观类型的核心斑块越来越集中,但其分维度指数由 1.457 3 上升至 1.829 0,表现为更加破碎化的状态。究其原因,可能与佛山市行政区调整前后城市空间格局的不稳定发展有关,反映出政策引导对城市景观格局显著的驱动效果。

表 4 佛山市 1991 年和 2005 年整体景观特征指数

年份	SHDI	DI	FI	CONTAG
1991	0.503 3	0.494 5	0.497 7	45.309 7
2005	0.692 7	0.467 1	0.587 0	52.699 0

再从表 4 来看,除 DI 以外,佛山市景观格局的 SHDI,FI 和 CONTAG 皆呈增加态势,由于 FI 和 CONTAG 所揭示的生态意义刚好相反,这一结果似乎使佛山市景观格局变化的解释出现矛盾。但需要说明的是,SHDI 和 FI 值的增加反映了佛山市整体景观异质性的增强,各景观类型的结构比例愈发均匀,人类活动影响的增多正越来越强烈地改变着佛山市景观格局的整体性和稳定性;而 CONTAG 值的增加则从另一方面说明了以人类活动为主的动力因子对景观格局变化复杂的驱动效应。佛山市 CONTAG 的增加最终会使佛山市优势景观的面积比例逐渐增大,城市景观同质化程度将愈发明显,势必会对该地区景观生态过程与功能产生诸多不利影响。而佛山市整体景观格局中 DI 值不显著的下降,说明研究区景观格局差异

程度的缩小,处于支配地位的景观类型的支配作用降低,但类型却发生了转移,由耕地景观演变为城镇景观。因此,如何避免城镇景观单一化、同一化将是未来佛山市城市化过程中应高度关注的问题。

3.3 佛山市景观格局变化的动力梯度分异

从佛山市 2 个时期的 LCGI 空间梯度分布图(图 1)可以看出,1991—2005 年期间,佛山市 LCGI 的空间分布表现出显著的区域梯度分异特征,这种区域之间的梯度分异反映了受不同驱动力影响下的景观格局变化态势。

1991 年,LCGI 的高值区(0.759~0.820)主要集中在以禅城区为核心的佛山中心城区,代表了当时该地区较高的城市化水平和经济发展实力;南海区(1991 年为南海县)和顺德区(1991 年为顺德县)的东部由于临近广州市主城区,受广州市经济发展的辐射和多种经济因素的驱动,土地利用比较活跃,LCGI 出现次高值(0.573~0.759)且呈现出分散的斑块分布状态,反映了 1991 年佛山市经济发展过程中以南海区和顺德区为主要区域所出现的土地利用遍地开花现象;1991 年 LCGI 的低值区(<0.573)主要分布在北部的三水区,西部的高明区以及南海区的北部区域,空间分布比例接近全区的 55%,说明当时该地区的经济发展、城镇化、人口增长等皆未达到一定规模,土地利用程度和强度不高。

与 1991 年相比,佛山市 2005 年的 LCGI 值呈现出总体增长的态势,尤其是中心城区外围各镇区的 LCGI 值增长比较迅速,空间分布表现为高值与次高值区(0.573~0.820)的连片式扩展和跳跃式延伸,LCGI 大于 0.573 的区域达到全区的 73%。高值区(0.759~0.820)由禅城区、南海建成区等中心城区分别向北部、西部扩展,向北沿着黄岐镇、盐步镇、罗村镇、大沥镇和松岗镇扩展,向西主要扩展到西樵镇、龙江镇等;向南则沿着顺德区的伦教镇、大良镇、容桂镇等呈跳跃式延伸;三水区和高明区的高值区主要出现在临近南海区和顺德区的区域,受后者工业经济的影响,土地利用以工业用地为主;与 1991 年相比,LCGI 的次高值区(0.573~0.759)在空间分布上呈现出显

著的多极化分布格局,集聚效应显著,这与 2005 年佛山市开始实施的城市组团建设密切相关,随着佛山市城市化水平的逐步提高,未来这种多极化集聚分布的景观格局将进一步扩大。

综合所述,1991—2005 年 14 a 间,佛山市景观格局变化的动力因素呈现出显著的空间梯度分异,且与佛山市景观格局的数量和空间变化形成了较好的对应关系。这一结论还可以深入理解为,景观的空间分异状态与城市化在不同空间方向上的发展速度、规模和程度密切相关。由于城市化的实施很大程度上取决于城市规划和政府决策,因此,分析城市景观变化的动力分异对指导城市产业布局,制定城市空间规划以及确定城市发展方向等具有重要意义。

4 结论

本文以佛山市为研究对象,探讨了土地利用景观格局变化及其综合驱动力的空间分异问题。研究表明,1991—2005 年,佛山市土地利用景观的数量特征和空间格局变化皆比较显著,变化的主要内容以耕地景观的缩减和城镇景观的增加为主,耕地与园地景观受干扰的程度最大,景观破碎程度较高;而林地尽管受到一定干扰,但破碎程度不高,景观趋于均匀;城镇景观的斑块集中连片分布趋势明显,但依然显示出强烈的破碎状态。分析表明,1991—2005 年 14 a 期间,佛山市景观格局变化的动力因素呈现出显著的空间梯度分异,且与佛山市土地利用景观的数量和空间变化形成了较好的对应关系,充分表明以人类活动因素为主的动力因素对城市景观格局空间变化的导向作用。随着佛山市经济发展战略的逐步调整与完善,新型的工业化和城镇化格局将逐步形成,城市景观格局变化的驱动机制将更加复杂,迫切需要从空间上对景观变化的动力机制进行解释。

以遥感数据为基础,结合 GIS 的地统计学分析方法,可以对传统统计学意义上的数据进行空间定量表达。对于反映驱动力的空间统计数据而言,GIS 地统计学方法更加直观地揭示了研究区景观格局变化综合驱动力的程度、范围和空间差异。需要说明的是,尽管本文研究的时间跨度较长,但本文仅选择 2 个时间断面进行探讨,阶段性分析不够。严格来讲,对于城市化较为典型的区域,城市化的阶段性划分将更为显著,不同城市化阶段的景观格局将呈现出迥然各异的内部差别,其动力机制也会有所差异。因此,强化长时间序列下的景观格局变化的阶段性分析将是本研究下一步工作的主要方向。

[参 考 文 献]

- [1] Liu J Y, Zhuang D F, Luo D, et al. Land cover classification of China: Integrated analysis of AVHRR imagery and Geo-physical data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003,24(12):2485-2487.
- [2] Turner II B L, Lambin E F, Geenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability[J]. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the united States of America*, 2007,104(52): 20666-20671.
- [3] 史培军,江源,王静爱,等. 土地利用/土地覆盖变化与生态安全响应机制[M]. 北京:科学出版社,2004:13-69.
- [4] 郝仕龙,陈南详,柯俊. 黄土丘陵小流域土地利用景观空间格局动态分析[J]. *农业工程学报*,2005,21(6):50-53.
- [5] 魏伟,赵军,王旭峰. 石羊河流域土地利用类型景观异质性[J]. *生态学杂志*, 2010,29(4):760-765.
- [6] 张兵,金凤君,董晓峰. 甘肃中部地区景观生态格局与土地利用变化研究[J]. *地理科学进展*,2005,24(3):34-37.
- [7] 刘小平,黎夏,陈逸敏,等. 景观扩张指数及其在城市扩展分析中的应用[J]. *地理学报*,2009,12(64):1430-1438.
- [8] 黄庆旭,何春阳,史培军,等. 城市扩展多尺度驱动机制分析:以北京为例[J]. *经济地理*,2009,29(5):714-719.
- [9] 洪鸿加,彭晓春,陈志良,等. 长沙市耕地时空动态变化及驱动力研究[J]. *水土保持通报*,2010,30(3):224-227.
- [10] 宋开山,刘殿伟,王宗明,等. 1954 年以来三江平原土地利用变化及驱动力[J]. *地理学报*,2008,63(1):93-97.
- [11] 傅伯杰,陈利顶,王军,等. 土地利用结构与生态过程[J]. *第四纪研究*,2003,23(3):247-249.
- [12] 中华人民共和国国家标准(GB/T21010-2007), 土地利用现状分类[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会,2007.
- [13] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.
- [14] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. *生态学报*, 1995,15(2):336-341.
- [15] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. *地理研究*,2003,22(1):1-11.
- [16] 王静爱,何春阳,董艳春,等. 北京城乡过渡区土地利用变化驱动力分析[J]. *地球科学进展*,2002,17(2):201-204.
- [17] 陈浮,葛小平,陈刚,等. 城市边缘区景观变化与人为影响的空间分异研究[J]. *地理科学*,2001,21(3): 210-216.
- [18] 王国杰,廖善刚. 土地利用强度变化的空间异质性研究[J]. *应用生态学报*,2006,17(4):611-613.
- [19] 武剑锋,曾辉,刘亚琴. 深圳地区景观生态连接度评估[J]. *生态学报*,2008,28(4):1691-1701.