

# 基于遥感影像的广州市 植被覆盖度内部结构与时空变化

龚建周, 夏北成<sup>①</sup>

(中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 以覆盖广州市的4个时相(1990、1995、2000和2005年)的TM遥感影像为数据源,经大气辐射校正,获得植被指数的计算模型,估算广州市域范围内的植被覆盖度,分5个等级研究植被覆盖度等级结构特征及其时空分异。结果表明:1990年至1995年间,广州市植被覆盖度下降幅度较大;植被覆盖等级结构也表明植被状态明显向不利于城市生态环境的方向变化。2000年至2005年间,植被覆盖度有所增加,等级结构也显示植被覆盖度有逆转的趋势。植被覆盖度变化幅度相对较大的是中心城区以外的新区,表明城市向郊区不断扩展。

**关键词:** 植被覆盖度; 遥感影像; 等级结构; 广州

**中图分类号:** P208; Q948.15+3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2006)04-0025-05

**Temporal-spatial characteristics and grading structure of vegetation fraction based on TM image in Guangzhou** GONG Jian-zhou, XIA Bei-cheng<sup>①</sup> (School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2006, 15(4): 25-29

**Abstract:** Vegetation index model was constructed based on TM image by atmospheric radiation correction in Guangzhou on 1990, 1995, 2000 and 2005, and vegetation fraction of Guangzhou was calculated. The vegetation fraction was divided into five grades. Grading structures and temporal-spatial characteristics of vegetation fraction in Guangzhou were analyzed. The results showed that grading structure of vegetation fraction in Guangzhou and each district occurred disadvantageously changes to urban ecological environment from 1990 to 1995 due to continuous decrease of vegetation fraction. From 2000 to 2005, grading structure was improved lightly with the slight increase of vegetation fraction in studying area. Result indicated that changing extent of vegetation fraction was less in the centre than that in the suburb of Guangzhou, it also revealed that the city was expanding to suburb.

**Key words:** vegetation fraction; TM image; grading structure; Guangzhou

快速城市化过程所引起的城市生态环境问题已引起学术界和政府的高度重视。其中,城市植被作为城市生态系统重要的还原组织,是城市生态系统中最重要元素,对于保护城市生态环境具有不可忽视的作用<sup>[1,2]</sup>,有利于缓解城市“热岛效应”、改善小气候环境及增加城市生态元素等<sup>[3-5]</sup>。植被是覆盖地表的植物群落的总称,植被覆盖度是统计区内植被的垂直投影面积所占的百分比<sup>[6-8]</sup>,是自然环境变化和人类活动综合作用的结果<sup>[9]</sup>,因此,城市植被覆盖度是描述城市生态系统基本特征的重要参数之一。

广州市位于经济较发达的珠江三角洲的中心位置,经济的持续发展和人口数量的膨胀带来大量的

问题。如城市结构功能效益低、大气和水环境污染等,尤其是绿地被大量蚕食所带来的生态环境的改变,严重影响了人们的生活质量,也影响到区域中心城市形象。

作者基于1990、1995、2000和2005年4个时相的TM遥感数据源,以广州市域为研究对象,运用植被指数计算模型,通过非监督分类及图像空间模型运算和修正大气辐射校正参数,建立植被覆盖度与

收稿日期: 2006-05-15

基金项目: 中山大学“985”工程环境污染控制技术创新平台项目

作者简介: 龚建周(1970-),女,土家族,湖北恩施人,博士研究生,主要从事环境生态与生态环境管理研究。

<sup>①</sup> 通讯作者

校正植被指数模型,计算不同时期的植被覆盖度,并将植被覆盖度分为5个等级,分析植被覆盖度各等级在时间和空间上的动态变化特征。旨在总结分析随城市发展和区域变化而导致的土地利用变化特征,为进行城市生态环境质量评价、城市规划及生态安全评估提供参考数据与方法。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

广州市位于珠江三角洲的中心腹地,地理位置为E112°57'~114°3',N22°26'~23°56'。以2000年的行政区划为准,研究区域包括海珠、黄埔、荔湾、越秀、天河、芳村、东山、白云、番禺、花都和从化、增城等共10个区2个县级市,总面积7434.4 km<sup>2</sup>。地势东北高、西南低,北部和东北部是山区,中部是丘陵和盆地,南部是珠江三角洲沿海冲积平原。属于亚热带典型的季风海洋性气候。

### 1.2 研究材料

以完全覆盖广州市域的 Landsat TM 遥感影像数据(拍摄日期为1990-10-13、1995-12-30、2000-10-14和2005-10-22)为基本数据源,卫星轨道号为122/04385(122/44上移15%),辅以广州市行政区划图(2000年区划图)和广州市地形图(1:50000)。图像处理软件为Erdas 8.6、ilwis 3.0和Arc/info 8.3。

### 1.3 计算方法

1.3.1 归一化植被指数的计算 植被指数是从遥感光谱数据中提取的有关地表植被状况的定量数值<sup>[10]</sup>,被广泛用于植被动态监测<sup>[11]</sup>。植被指数多是红外与可见光波段辐射量的线性或非线性组合值,可以部分减小地物或大气的影响。作者采用通用的归一化植被指数,其计算公式如下<sup>[10,11]</sup>:

$$NDVI_1 = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3} \times 250 + 38.$$

式中,NDVI<sub>1</sub>为归一化植被指数;TM4和TM3分别为TM影像的红外光和可见光波段值。

运用植被指数监测植被的动态变化时,采取有效的大气影响校正方法剔除遥感光谱“噪声”的影响,可以提高植被覆盖度的估算精度。其原理是从红外波段和近红外波段光谱值中减去大气影响值(大气校正系数),再按上述公式对遥感影像进行空

间图像运算。

1.3.2 植被覆盖度的计算 由于植被覆盖度与植被指数NDVI之间存在极显著的线性关系<sup>[12-14]</sup>,因此,利用2005年9月野外调查所得的植被覆盖度数据及其对应点在2005年遥感图像上的波段光谱数据,建立研究区域植被覆盖度与NDVI值之间的关系模型,然后在Erdas软件下进行图像的空间运算,生成各研究区不同时相的植被覆盖度图,分割图像形成不同植被覆盖度等级图,并利用Arc/Info软件进行裁剪、叠加图像,统计计算不同区域内的植被覆盖度。

## 2 结果和分析

### 2.1 广州市植被覆盖度的等级划分

经过大气辐射校正及遥感图像的空间模型运算,生成研究区域的各时相植被覆盖度图,根据计算结果及普遍采用的土壤侵蚀强度等级划分的植被覆盖度阈值条件,将广州市的植被覆盖度分成5级:Vc < 10%; 10% ≤ Vc < 30%; 30% ≤ Vc < 50%; 50% ≤ Vc < 70%; Vc ≥ 70%。其中,Vc是基于像元的植被覆盖度,按从小到大依次分别记为I、II、III、IV和V,并生成植被覆盖度等级图。

### 2.2 广州市植被覆盖度的整体特征

从植被覆盖度图的属性数据获得广州市1990、1995、2000和2005年的平均植被覆盖度,分别为58.75%、49.63%、46.03%和47.43%。可见,研究期内的前5年是广州市植被覆盖度下降幅度较大的时段;而随后的5年间,植被覆盖度下降速率减慢,自2000年开始,植被覆盖度下降趋势得以逆转。

### 2.3 广州市植被覆盖度的等级结构特征及变化

按不同等级统计广州市的植被覆盖度,计算植被覆盖度各等级的百分比,结果见表1。从表1可以看出,1990年至2005年间,广州市植被覆盖度的等级发生了较大的变化。1990年时,广州市植被覆盖度等级分布较集中,其植被覆盖度等级结构主要以大于50%的良好植被构成(等级IV和等级V),占植被覆盖总面积的68.69%。1995年,除了区域植被覆盖度下降外,植被结构也发生很大变化,植被覆盖度最差(等级I)的植被大幅度上升(达43.13%),而植被良好的等级大幅度下降,表明这一段时间内不仅植被覆盖度下降,同时植被的质量

也遭受破坏。主要原因是该时段内,经济的快速发展使广州市范围内的树木遭到蚕食,城市道路被侵占,公园和苗圃绿地由于商业性的开发遭到人为的生态破坏<sup>[15]</sup>。在2000年至2005年,植被覆盖度等级分布相对较分散,植被结构得到改善,等级低值区的比例减小,中间值区的比例增加。但是,植被覆盖度高值( $\geq 70\%$ )区域所占比例仍然很小,2000年和2005年分别为5.87%和8.75%,反映出城市化过程对森林等高覆盖度植被的蚕食问题仍然严重。

表1 广州市1990年至2005年不同等级植被覆盖度的面积百分比  
Table 1 Area percents of vegetation fraction grades in Guangzhou City from 1990 to 2005

等级 Grade	植被覆盖度( $V_c$ ) Vegetation fraction	不同年份的面积百分比/% Area percent in different years			
		1990	1995	2000	2005
I	$V_c < 10\%$	13.28	43.13	37.38	24.56
II	$10\% \leq V_c < 30\%$	4.82	10.85	10.26	11.22
III	$30\% \leq V_c < 50\%$	13.21	12.98	19.81	20.99
IV	$50\% \leq V_c < 70\%$	43.11	15.12	26.68	34.48
V	$V_c \geq 70\%$	25.58	17.92	5.87	8.75

## 2.4 广州市各行政区植被覆盖度的等级结构特征及变化

以广州市各行政区边界图为准,裁剪不同时相研究区的植被覆盖度等级图,形成各行政区不同年份内的植被覆盖度等级图,计算不同植被覆盖度等级所占比率,并绘制成曲线,见图1。

根据图1曲线的变化规律,可将广州市各行政区的植被覆盖度构成分为5类:

第1类包括从化市、增城市和花都区。这3个行政区具有相似的植被覆盖度构成特征。在1990年,植被覆盖度等级分布较集中,表现为等级IV(植被覆盖度为50%~70%)的植被比例较大,分别占总面积的50.68%、45.13%和44.67%;随后的年份中,植被覆盖度等级分布相对较分散。然而,2005年从化市的植被覆盖度出现了等级IV所占比重加重的趋势,这与广州市为保护流溪河而采取的一系列生态保护与植被恢复措施有关,尤其是森林植被的恢复较快。等级I所占比例有逐步增大的趋势,表明城市化进程在这3个区域不断加快,并表现出对城市植被覆盖度的破坏。

第2类为白云区。1990年时,白云区的植被覆盖度结构中,等级IV所占比例较大,是区内森林植被

所占比例较高的反映;到1995年,该等级所占比例仍然较大,但是植被覆盖度更高的等级V所占比例明显降低,下降比例达15.45%。这与同时段内该区区内苗圃及园林绿地被侵占有关<sup>[15]</sup>,是非理性城市发展植被上的反映。

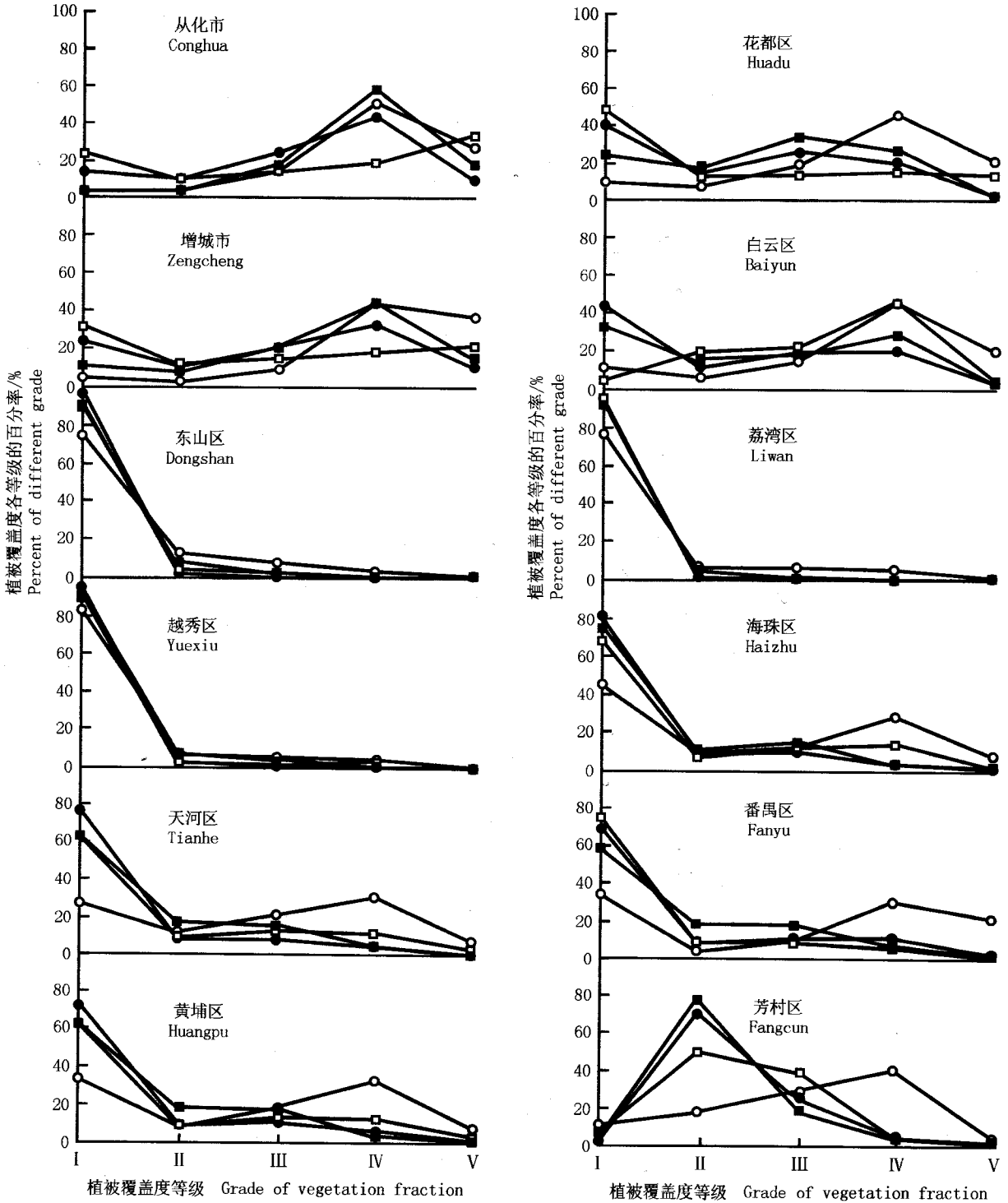
第3类包括东山区、荔湾区和越秀区。这3个区的植被覆盖度等级结构曲线极为相似,均为等级I占绝对优势,等级V所占比例最小或为零。由于这3个区均为广州市的老城区,区内植被多为人工绿化植被,森林植被所占比例极少或缺少,因此,人工绿化植被的结构也极为相似。

第4类包括海珠区、天河区、黄埔区和番禺区。这4个区的植被覆盖度特征为等级I占优势,高等级所占比例逐渐减少,除番禺区外,随着时间的推移,植被覆盖状况无明显的改善。

第5类为芳村区,该区的植被覆盖度等级结构与其他区不同。1990年,植被覆盖度等级曲线在等级IV出现峰值,等级V为最低值,随着时间的推移,等级II逐渐成为峰值,区内植被覆盖度变化很大;2000年至2005年植被覆盖度等级结构下降明显。芳村区以花卉种植业为主,且种植面积呈逐渐增加的趋势,由于花卉栽培地或苗圃的植被郁闭度均较低,因而,使植被结构不稳定,各年份间植被覆盖度的等级结构变化较大。

## 2.5 广州市各行政区植被覆盖度的内部结构变异幅度

以广州市各行政区为分析单元,计算同一植被覆盖度等级在前后年度所占比例的差值,形成等级差值系列数据,并计算出各行政区植被覆盖度等级差值的标准差(表2)。结果显示,植被覆盖度等级变异程度最小的是越秀区、荔湾区、东山区和海珠区,标准差均小于10,这些区均为广州市的老城区,植被覆盖度较低,等级结构较差。由于1990年前就是建成区,在随后的城市化过程中,这些区域内的植被所受的影响相对较小,所以植被覆盖度等级结构的变化幅度也较小。而其他行政区的植被覆盖度等级结构则有较大的变化,且变化幅度大的区域就是城市化过程强烈的区域。其中,变化幅度最大是从化市,既包含含有植被覆盖度下降的过程(如1990年),也包含近年来植被覆盖度增加的过程(如2000年至2005年)。



—○— 1990; —□— 1995; —●— 2000; —■— 2005  
 I:  $V_c < 10\%$ ; II:  $10\% \leq V_c < 30\%$ ; III:  $30\% \leq V_c < 50\%$ ; IV:  $50\% \leq V_c < 70\%$ ; V:  $V_c \geq 70\%$

图1 广州市各行政区不同年份植被覆盖度各等级的比例  
 Fig. 1 Percentage of different grades of vegetation fraction in all districts of Guangzhou City in different years

表2 广州市各行政区不同年份植被覆盖度等级差值的标准差  
Table 2 Standard deviation of grade difference of vegetation fraction in different districts of Guangzhou City in different years

行政区 District	标准差 SD	行政区 District	标准差 SD
越秀区 Yuexiu	3.60	增城市 Zengcheng	13.66
荔湾区 Liwan	5.65	番禺区 Panyu	14.58
东山区 Dongshan	6.29	白云区 Baiyun	15.01
海珠区 Haizhu	9.05	芳村区 Fangcun	15.06
黄埔区 Huangpu	10.99	花都区 Huadu	15.16
天河区 Tianhe	12.87	从化市 Conghua	15.73

### 3 结 论

人口的增长和经济的持续发展给城市生态环境带来巨大的压力,因此,对广州市植被覆盖度时空变化特征的研究能反映出城市化对广州市城市生态环境的干扰足迹。

快速城市化过程在广州的时空特征直接反映在植被覆盖度的时空变化上。自1990年以来,广州持续的经济快速增长使区域植被覆盖度出现较大波动,特别是在1995年以前,以发展经济为目标,忽视生态环境保护,出现了一个植被覆盖度急剧下降的阶段。随着经济的发展和人们生活水平的提高,以及国家和地方各级部门对环境保护的高度重视,生态环境保护与经济得到同步发展,表现为城市植被覆盖度下降趋势减缓。

广州市各区域的植被覆盖度变化除了总覆盖度明显变化以外,植被覆盖度等级的变化也很明显,从而导致植被结构的变化。从植被等级结构看,1990年至1995年间,良好的植被大幅度下降,植被覆盖度整体结构急剧恶化。自1995年以后,这种下降趋势得到控制,并且到2005年,已经出现结构优化的趋势,良好植被结构所占比例有较大幅度上升。

广州市各行政区间植被覆盖度的变化差异也很明显。由于自研究时段开始,老城区已经是建成区,所以变化幅度较小,而城区外围的新区则出现较大幅度的变化,表明这些区域的城市化进程正在加快。

植被覆盖度等级结构变化趋势表明,对这些正在开发的区域必须引起足够的重视,以保护区域生态环境,特别需要重视生态环境的恢复与建设,以使整个区域内的整体生态环境获得进一步改善。

#### 参考文献:

- [1] 王晓明,李贞,蒋昕,等. 城市公园绿地生态效应的定量评估[J]. 植被资源与环境学报, 2005, 14(4): 42-45.
- [2] 何云玲,张一平. 城市生态环境与绿化植被相互作用研究[J]. 高原气象, 2004, 23(3): 297-304.
- [3] 沈涛,袁春琼,刘玉安. 乌鲁木齐市热岛强度分布与植被覆盖相互关系的遥感研究[J]. 新疆气象, 2004, 27(1): 28-30.
- [4] 刘树华,黄子琛,刘立超. 半干旱区植被覆盖度对边界层气候热力影响的数值模拟[J]. 气象学报, 1996, 54(3): 303-311.
- [5] 顾祝军,曾志远. 遥感植被覆盖度研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(2): 18-21.
- [6] 牛宝茹,刘俊蓉,王政伟. 干旱半干旱地区植被覆盖度遥感信息提取研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2005, 30(1): 28-31.
- [7] 唐世浩,朱启疆,周宇宇,等. 一种简单的估算植被覆盖度和恢复背景信息的方法[J]. 中国图象图形学报(A辑), 2003, 8(11): 1304-1309.
- [8] 陈鹏,初雨,顾峰雪,等. 绿洲-荒漠过渡带景观的植被与土壤特征要素的空间异质性分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(6): 904-908.
- [9] 李树楷. 遥感时空信息集成技术及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 38-40.
- [10] 许红梅,高清竹,江源,等. 黄河中游砒砂岩地区长川流域植被覆盖度及其动态分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 880-885.
- [11] 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004. 316-317.
- [12] 李晓琴,孙丹峰,张凤荣. 基于遥感的北京山区植被覆盖景观格局动态分析[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 272-280.
- [13] 牛宝茹,刘俊蓉,王政伟. 干旱区植被覆盖度提取模型的建立[J]. 地球信息科学, 2005, 7(1): 84-86.
- [14] 陈巧,陈永富. QuickBird 遥感数据监测植被覆盖度的研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(4): 375-380.
- [15] 广州年鉴编纂委员会. 广州年鉴(1996)[M]. 广州: 广州年鉴出版社, 1997.