

# 广州市土地利用与 NDVI 变化的关联分析

郑荣宝<sup>1,4</sup>, 庄剑顺<sup>2</sup>, 张金前<sup>3</sup>

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 2. 广州地理研究所, 广州 510070;  
3. 广东省生态环境与土壤研究所, 广州 510650; 4. 广东工业大学经济管理学院, 广州 510090)

**摘要:** 利用 6S 模型对 1990 年、1995 年、2000 年及 2005 年的 TM 影像进行大气校正, 获取 4 期 NDVI 和土地利用信息, 选择 3 种土地利用指标与 NDVI 变化进行相关性分析。结果表明: 广州市 NDVI 平均值具有在 1990 年~2000 年间下降, 2000 年后略为上升的趋势, NDVI 的空间变化趋势与城市发展格局相一致; 土地利用程度较高, 变化率较大, 城市用地扩展强度近期明显增强; 将土地利用指标与 NDVI 进行耦合分析, 得到土地利用程度综合指数和 NDVI 变化的定量关系模型, 修正判定系数达 0.88 以上, 较好地反映了两者的关系, 且土地利用程度变化率对 NDVI 的影响程度大于城市用地扩展程度对 NDVI 变化的影响程度。

**关键词:** TM 影像; 土地利用; NDVI; 广州市

**中图分类号:** TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2008)02-0102-07

## 0 引言

归一化植被指数 (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) 作为一种描述植被状态的重要信息<sup>[1]</sup>, 被公认为是大区域尺度上表征生态环境质量的重要指标<sup>[2]</sup>。利用遥感方法监测植被动态变化以及这种变化对全球带来的影响已经成为 NDVI 研究的重要领域<sup>[3]</sup>。由于 NDVI 数据与降水、气温、叶面积指数和蒸散率、城市热岛等许多因素有密切相关<sup>[4]</sup>, 这些因素的干扰给 NDVI 数据带来了一定的不确定性<sup>[5]</sup>, 所以对影响 NDVI 变化的因子分析已经成为遥感领域研究热点。从已有文献看, 众多学者在降水、气温及城市热岛等因素对 NDVI 的影响方面进行了大量的研究<sup>[6~8]</sup>, 结果表明 NDVI 与这些自然因子确有一定的相关性, 但是否是影响 NDVI 变化的主导因子文献中没有明确结论。有些学者将 NDVI 变化与土地利用相结合展开研究, 如 William<sup>[9]</sup> 利用 ASTER 数据对城市土地利用变化与 NDVI 进行相关性分析, 结果表明这两者具有密切的关系; 陈云浩等<sup>[10]</sup> 利用 AVHRR/NDVI 序列数据, 应用 CVA 方法对我国 1983 年~1992 年土地覆盖变化特征进行了分析; 孙红雨等<sup>[11]</sup> 利用 1985 年~1990 年的 NDVI 时间序列数据研究了中国大陆地表土地覆盖变化的空间特征; 李月臣等<sup>[12]</sup> 采用交

叉相关光谱匹配法 (CCSM) 对 NDVI 数据与土地利用变化进行分析, 这些研究都表明 NDVI 变化与土地利用有关联, 至于两者的相关程度到底有多大, 相关文献亦没详尽阐明。

广州市作为我国经济快速发展的城市化地区, 土地利用变化急剧, 植被覆盖变化幅度大, 可以作为土地利用与 NDVI 变化相关性研究的典型地区。通过两者的关联分析, 可以明确人类活动对植被变化的影响程度及规律, 不仅可为城市生态环境质量评价奠定基础, 也可为生态城市建设与城市规划提供依据。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区概况

广州市 (22°36' ~ 23°56' N, 112°57' ~ 114°3' E) 位于珠江三角洲的中心腹地, 包括 10 区 2 市。考虑到数据的处理量和地域的典型性, 本文将荔湾区、芳村区、越秀区、海珠区、黄埔区、天河区及东山区合并当作建成区 (图 1)。研究区总面积约 7 434.4 km<sup>2</sup>, 地势东北向西南倾斜, 北部和东北部为山区, 中部为丘陵和盆地, 南部是珠江三角洲沿海冲积平原。土地利用类型主要以林地及园地为主, 平原地区农业用地与建设用地比例较高。

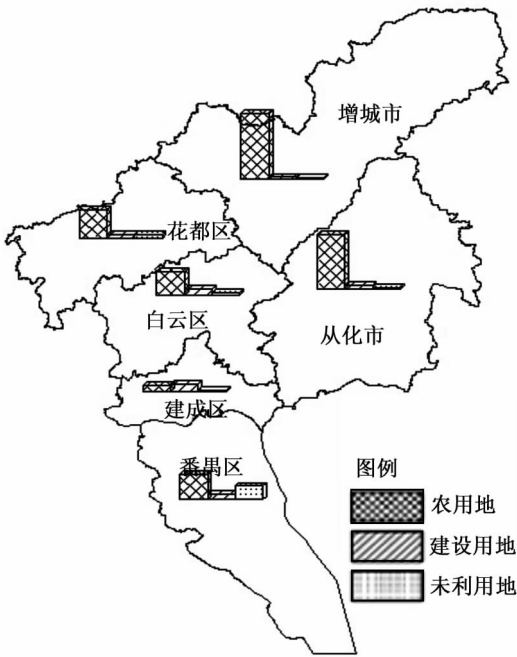


图 1 广州市行政区划及土地利用结构

## 1.2 数据源与数据处理

### 1.2.1 数据源与预处理

选用广州市域 TM 遥感数据, 轨道号为 122/44 及 122/43, 时相分别为 1990-10-13、1995-12-30、2000-10-14 和 2005-10-22, 所有影像基本无云, 成像质量较好。还收集了广州市行政界线图 (2005 年) 和 1:5 万地形图。土地利用信息由 4 期的遥感影像经目视判读解译获取, 处理软件为 ArcGIS 9.2、ERDAS 9.2 和 ENVI 4.4。遥感数据的预处理有以下步骤: 首先, 以 1:5 万的地形图为准, 选择 30 个以上特征点作为控制点 (GCP), 采用二次多项式法对各期 TM 影像进行几何精校正, 误差要求 (RMS) 控制在 0.5 像元以内; 然后, 采用最佳拼接点 (Pixel Based) 法对不同轨道影像进行无缝拼接; 再以行政界线图为兴趣区 (ROI) 切割获取研究区; 并线性拉伸 2% 进行图像增强处理; 最后, 将所有数据统一转换到 6° 分带的高斯-克吕格 (Gauss-Kruger) 投影、西安 80 坐标系下。

全文的总体技术路线如图 2 所示。

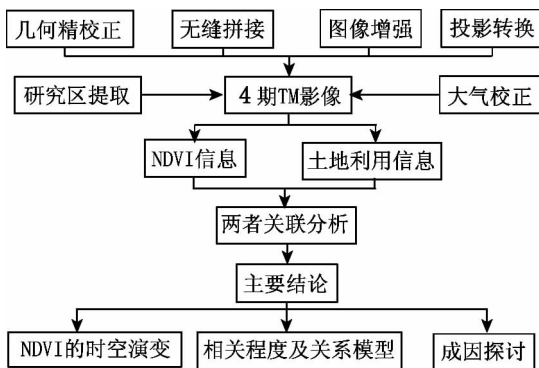


图 2 土地利用与 NDVI 变化关联分析技术流程

### 1.2.2 6S 模型的大气校正

由于 NDVI 受环境条件、大气状况等因素影响较大<sup>[13]</sup>, 有必要进行大气校正。在缺少大气测量数据的情况下, 采用辐射传输 6S (Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum) 模型来计算, 它是目前世界上发展比较完善的大气辐射校正模型之一。它首先对遥感数据进行辐射订正, 然后计算大气顶部反射率, 最后基于 6S 模型推导出真实反射率, 并消除地-气耦合效应。该模型考虑了地表非朗伯体情况, 解决了地表逆辐射与大气相互耦合的问题, 具有计算时间快、精度较高的特点<sup>[14]</sup>。计算方法<sup>[15]</sup>如下:

首先, 实现辐射订正后, 把图像灰度值转换成具有辐射意义的亮度值, 即

$$L_{\lambda} = gain \times DN + offset = \frac{L_{max} - L_{min}}{DN_{max} - DN_{min}} (DN - DN_{min}) + L_{min} \quad (1)$$

式中,  $L_{\lambda}$  为某个波段光谱辐射亮度 (单位:  $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$ );  $offset$  和  $gain$  为图像头文件提供的偏差参数 (单位:  $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$ );  $DN$  是经辐射订正的图像灰度值,  $DN_{max}$  和  $DN_{min}$  分别为传感器最大和最小灰度值;  $L_{max}$  和  $L_{min}$  分别为最大和最小灰度值所相应的辐射亮度 (单位:  $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$ )。

然后, 计算地物在大气顶部光谱反射率, 即

$$\rho_{TOA} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{E_{\lambda} \cdot \cos(\theta_s)} \quad (2)$$

式中,  $d$  为日地天文单位距离;  $E_{\lambda}$  为波段  $\lambda$  处的平均大气外太阳辐照度 (单位:  $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ );  $\theta_s$  为太阳天顶角。

假定反射率  $\rho_i^u$  的目标物为均一朗伯面, 传感器所接受的大气顶部反射率是

$$\rho_{TOA}(\theta_s, \theta_v, \phi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_v) + \frac{\rho_i^u T(\theta_s) T(\theta_v)}{1 - \rho_i^u S} \quad (3)$$

$$T(\theta_s) = e^{-\tau \mu_s} + t_d(\theta_s) \quad (4)$$

$$T(\theta_v) = e^{-\tau \mu_v} + t_d(\theta_v) \quad (5)$$

式中,  $\theta_s$ 、 $\theta_v$ 、 $\phi_v$  分别为太阳天顶角、观测天顶角和方位角;  $\rho_{TOA}(\theta_s, \theta_v, \phi_v)$  为传感器所接受的大气顶部反射率;  $\rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_v)$  为瑞利散射和气溶胶散射引起的程辐射;  $S$  为大气球面反射率;  $T(\theta_s)$  为下行辐射总透射率;  $T(\theta_v)$  为上行辐射总透射率;  $t_d(\theta_s)$  代表下行散射透射率因子;  $t_d(\theta_v)$  代表上行交叉辐射透射率因子;  $e^{-\tau \mu_s}$  和  $e^{-\tau \mu_v}$  为下行直射和直接透射到传感器上行辐射, 其中  $\mu_s = \cos \theta_s$  和  $\mu_v = \cos \theta_v$  分别为太阳和卫星天顶角的余弦值;  $\tau$  为大气光学厚度。

实际上, 大多数情况下地面不是均一的朗伯体,

均一的假设给计算带来很大的误差。用  $\rho_i$  来表示非均一目标反射率,并限制在一个半径为  $r$  的圆内,圆外背景假设为均匀表面,其反射率也就是邻近效应  $\rho_e$ ,那么遥感器所接收的光子总数中,究竟有多少来自目标  $\rho_i$  的问题转化为邻近效应的平均值问题,在背景环境是非均匀地面情况下,邻近效应的平均值也就是环境反射率  $|\rho_i|$ 。

$$\rho_{TOA}(\theta_s, \theta_v, \phi_v) = \rho_a(\theta_s, \theta_v, \phi_v) + \frac{T(\theta_s)}{1 - |\rho_i|S} [\rho_i e^{-\tau_{\theta_v}} + |\rho_i| t_d(\theta_v)] \quad (6)$$

其中,  $|\rho_i|$  是平均环境反射率,用式(7)计算,即

$$|\rho_i| = \frac{1}{t_d(\theta_v)} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \rho'(x, y) e(s, y, \theta_v) dx dy \quad (7)$$

式中,  $\rho'(x, y)$  为目标物周围某个单位  $M'(x, y)$  反射率;  $e(s, y, \theta_v)$  是  $M'(x, y)$  均一面对  $t_d(\theta_v)$  上行交叉辐射透射率的影响。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 NDVI 计算与划分

NDVI 计算公式为<sup>[16]</sup>

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (8)$$

式中,  $NIR$ 、 $R$  分别为 TM 影像 TM4(近红外)和 TM3(红)波段的反射值,  $-1 \leq NDVI \leq 1$ 。一般情况下,  $NDVI < 0$  表示地面覆盖为云、沙、水等,对可见光高反射;  $NDVI = 0$  表示有岩石或裸土等;  $NDVI > 0$  表示有植被覆盖,且随覆盖度增大而增大。根据广州市植被覆盖密度实际情况,可将植被覆盖类型分为低覆盖度植被 ( $0 < NDVI \leq 0.15$ )、中覆盖度植被 ( $0.15 < NDVI \leq 0.30$ ) 和高覆盖度植被 ( $NDVI > 0.30$ ) 三大类。

为反映植被指数变化趋势,可对多年连续数据在时间序列条件下作线性回归,即

$$y = slope(x) + k \quad (9)$$

式中,  $x$  为年序号;  $y$  为多年图像中每个像素的  $NDVI$  值,在式(9)中表示为  $NDVI_i$ ;  $k$  为常数。  $slope$  为植被变化趋势,是由  $x$  和  $y$  计算出一元线性回归系数,计算公式为

$$slope = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \cdot NDVI_i - (\sum_{i=1}^n i) (\sum_{i=1}^n NDVI_i)}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (10)$$

#### 1.3.2 土地利用指数计算方法

(1) 土地利用程度综合指数 ( $La$ )。采用威弗 (Weaver) 指数,综合指数的大小能反映该区域土地利用程度的高低,其表达式<sup>[17]</sup>为

$$La = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i \quad (11)$$

式中,  $La$  为研究区域内的土地利用程度综合指

数,  $La \in [100, 400]$ ;  $A_i$  为区域内第  $i$  级土地利用程度分级指数;  $C_i$  为区域内第  $i$  级土地利用程度的面积百分比;  $n$  为土地利用分级指数,按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为 4 级,并赋予指数,把未利用土地级定为 1,林地、草地及水域用地级定为 2,农业用地级定为 3,城镇聚落用地级定为 4。

(2) 土地利用程度变化率 ( $R$ )。可定量揭示研究区域土地利用综合水平的变化趋势,计算公式<sup>[17]</sup>为

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia})} \quad (12)$$

式中,  $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级指数;  $C_{ib}$  和  $C_{ia}$  分别为区域内时间  $b$  和时间  $a$  第  $i$  级土地利用程度面积百分比。

(3) 城市用地扩展程度指数。在分别计算建设用地扩展的相对变化率和扩展强度指数的基础上,借鉴内梅罗公式将该两项指数标准化后进行合成,以求全面反映建设用地的扩展情况,3 者计算公式<sup>[18]</sup>为

$$B_{(i,t-t+n)} = [(ULA_{(i,t+n)} - ULA_{(i,t)}) / n] / TLA \quad (13)$$

$$Q_{(i,t-t+n)} = [(ULA_{(i,t+n)} - ULA_{(i,t)}) / n] / ULA \quad (14)$$

$$\beta_{(i,t-t+n)} = \sqrt{\frac{B_{(i,t-t+n)}^2 + Q_{(i,t-t+n)}^2}{2}} \quad (15)$$

式中,  $B_{(i,t-t+n)}$ 、 $ULA_{(i,t-t+n)}$ 、 $ULA_{(i,t)}$  分别为  $i$  区的年均建设用地相对变化率指数、在  $t+n$  及  $t$  年时的某类建设用地面积;  $TLA$  为其土地总面积;  $Q_{(i,t-t+n)}$  为  $i$  区的年均建设用地扩展强度指数;  $B_i$  和  $Q_i$  分别为标准化后的相对变化率指数和扩展强度指数;  $\beta_{(i,t-t+n)}$  为城市用地扩展程度指数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 NDVI 的变化分析

1990 年 ~ 2005 年间,广州市  $NDVI$  变化及分布如表 1 和图 3 所示。可以看出,全市  $NDVI$  平均值总体呈下降趋势,其中 1990 年 ~ 1995 年间下降幅度最大,1995 年后下降速率趋缓,2000 年后  $NDVI$  值下降趋势小幅度逆转。不同覆盖度级别之间的差异较大,低覆盖植被面积总体增加,1990 年 ~ 1995 年增加幅度最大,1995 年后略有减少;中覆盖度植被亦呈增加趋势,其中 1990 年 ~ 2000 年增幅较大,2000 年后逐渐减少;高覆盖度植被面积总体趋势下降,1990 年 ~ 1995 年间下降急剧,但 1995 年后逐渐增加,2000 年后增加幅度较大。

表 1 广州市 1990 年~2005 年 NDVI 变化表情况

植被覆盖度	像元数				变化率/%
	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	
低覆盖度 ( $0 < NDVI \leq 0.15$ )	498 480	1 888 883	1 427 972	1 559 281	212.81
中覆盖度 ( $0.15 < NDVI \leq 0.30$ )	1 052 256	1 744 001	2 476 770	1 857 175	76.49
高覆盖度 ( $NDVI > 0.30$ )	6 613 679	2 146 509	2 308 744	4 417 478	-33.21
NDVI 平均值	0.398 9	0.316 1	0.247 7	0.250 2	-38.01

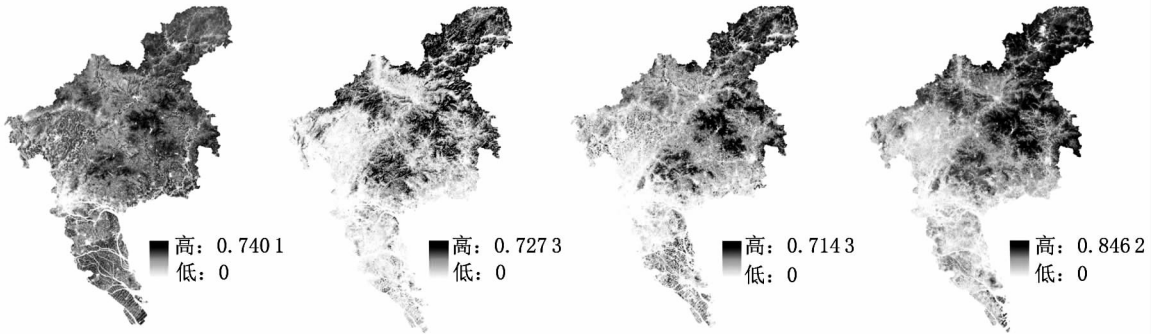


图 3 1990 年~2005 年广州市 NDVI 分布

表 2 为各行政区不同年份 NDVI 变化趋势,从中可以看出,NDVI 平均值不同,大致情况是增城市 > 从化市 > 花都区 > 白云区 > 建成区。各区植被指数变化趋势 slope 值均呈负数,说明植被指数均呈下降趋势,不同行政区差别明显,其中增城市变化最小,番禺区最大。从具体空间上看(图 4),slope 值的

空间演变规律与广州市“南拓北优、东进西联”城市发展格局相一致,靠近中心城市的花都、白云山区及南部农业区多为负值,说明这些区域 NDVI 下降趋势明显,而北部植被覆盖度较好的山区和建成区的 slope 值较高,说明这些区域 NDVI 呈现比较稳定的状态。

表 2 广州市各行政区不同年份 NDVI 和变化趋势

区域	1990 年		1995 年		2000 年		2005 年		1990 年~2005 年 slope 平均值
	NDVI 平均值	像元数	NDVI 平均值	像元数	NDVI 平均值	像元数	NDVI 平均值	像元数	
建成区	0.214 4	106 803	0.075 4	37 547	0.050 4	25 089	0.105 8	52 681	-0.109 0
白云区	0.350 3	349 565	0.140 1	139 839	0.135 6	135 343	0.223 1	222 628	-0.127 2
花都区	0.352 1	378 974	0.132 9	143 074	0.145 5	156 574	0.228 5	245 903	-0.123 1
番禺区	0.271 9	393 486	0.049 1	71 114	0.081 0	117 163	0.118 0	170 790	-0.153 9
从化市	0.421 6	815 272	0.195 3	377 640	0.222 6	430 416	0.344 0	665 173	-0.077 6
增城市	0.410 1	904 300	0.239 9	529 001	0.248 5	547 833	0.402 6	887 571	-0.007 6

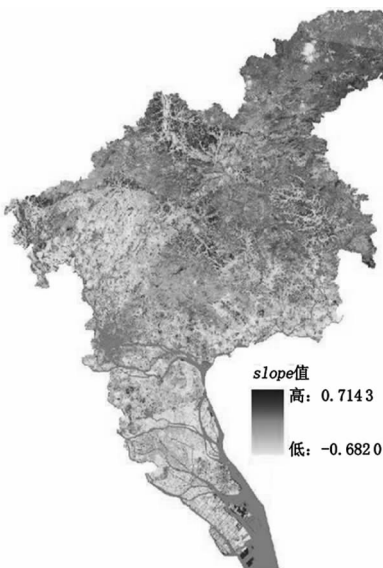


图 4 1990~2005 年植被指数变化趋势 slope 分布

## 2.2 土地利用变化分析

将不同时期土地利用现状图相叠加,发现 1990 年~1995 年间广州市减少最快的是林地,主要发生在白云区、增城市、从化市和花都区;建设用地与耕地之间的转换仍较大,但水域和林地利用类型比较稳定,表明广州市逐步开始重视城市生态环境的保护。

把土地利用解译结果代入公式(11)和(12)中,求出广州市土地利用程度综合指数(La)及其变化率(R),结果为:1990 年、1995 年、2000 年和 2005 年 La 分别是 247.96、249.02、250.10 和 253.58,表明广州市土地利用程度较高,且呈逐渐上升趋势,这与广州市正处于快速城市化阶段相关;从土地利用程度变化率 R 看,1990 年~1995 年 R 值为 0.428 3%、1995 年~2000 年 R 值为 0.432 9%、2000 年~2005 年 R 值为 1.392 7%,表明广州市 La 在 2000 年后有

加快趋势。

从土地利用现状图中提取出城市用地,并将数据代入公式(13)~(15),得到广州市城市用地扩展程度指数 $\beta$ ,结果为:1990年~2005年每隔5a分别为23.65、3.10和34.61,表明广州市在1990年~1995年及2000~2005年间城市扩展速度较快,这明显和该时期广州市出现的“开发区热”和“房地产热”有着密切的联系。

### 2.3 NDVI 变化与土地利用变化的相关性

#### 2.3.1 不同用地类型的 NDVI 值

将图3与相应时期的土地利用现状图叠加,得出广州市不同土地利用类型的 NDVI 平均值(图5)。

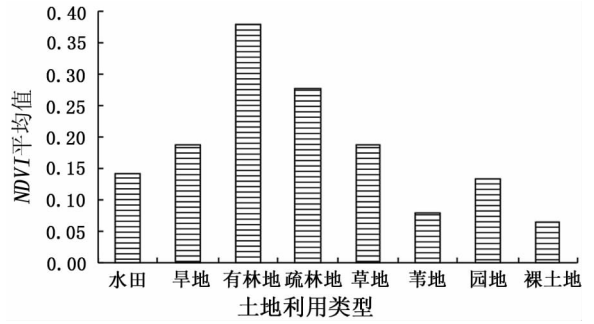


图5 广州市不同土地利用类型的 NDVI 统计结果

#### 2.3.2 土地利用与 NDVI 的相关性分析

分别计算4期6个行政单元的土地利用程度 $La$ ,得到24个样点,将 $La$ 与 NDVI 值标准化后分别进行线性拟合和多项式拟合(图6),结果表明 NDVI 和

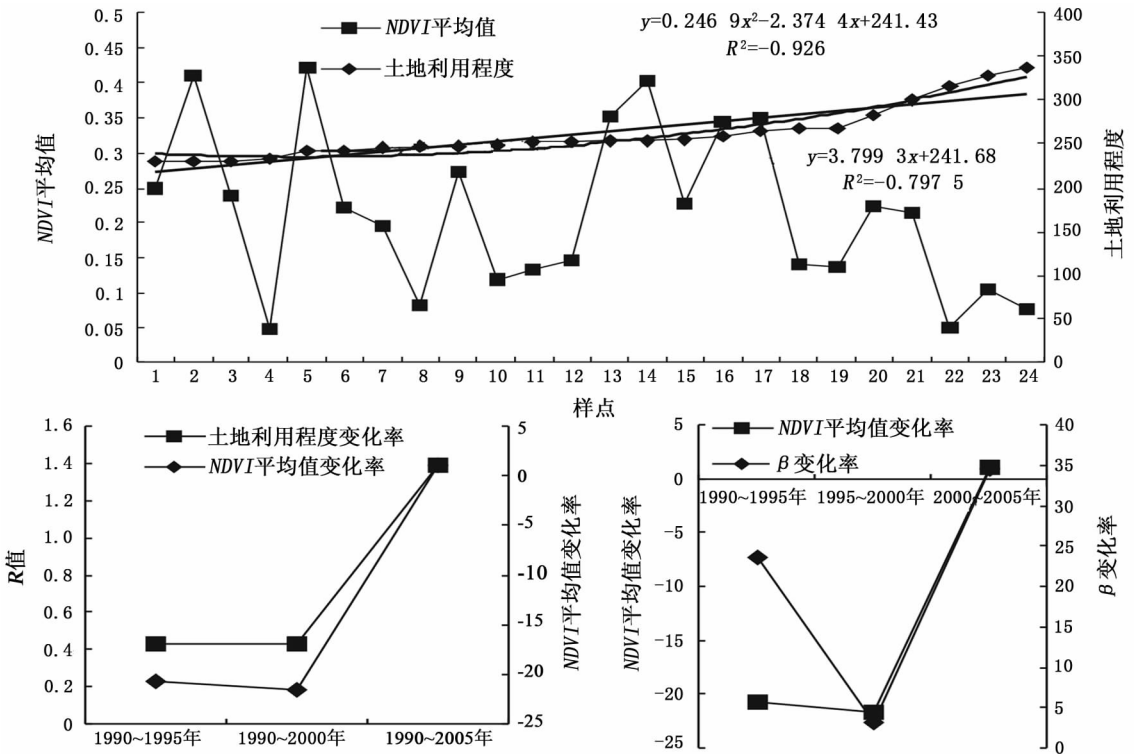


图6 NDVI 与土地利用的相关性分析

$La$  之间有高度的负相关关系,而且两种拟合方式的优势度都较高,可确定在置信区间在 95% 时修正判定系数在 0.85 以上,这意味着  $La$  对广州市 NDVI 的影响大于气候因子对 NDVI(0.54 - 0.85)<sup>[19]</sup>、城市热岛因子对 NDVI(0.82)<sup>[20]</sup> 的影响程度, $La$  与 NDVI 之间存在空间互斥的总体趋势。从拟合效果看,多项式拟合比线性拟合更适合作为广州市土地利用强度和 NDVI 变化的关系模型,即:

$$y = 0.2469x^2 - 2.3744x + 241.43 \quad (15)$$

为更好地证明这一点,本文利用 ERDAS 9.2 中的模型生成器 (Model Maker) 工具进行  $La$  与 NDVI 的相关性分析 (CORRELATION < raster >),得到  $La$

和 NDVI 呈极显著的负相关,相关系数达到 -0.85。这和图 6 的结果相一致。

从  $R$  与 NDVI、 $\beta$  与 NDVI 的关系图看, $R$ 、 $\beta$  与 NDVI 的变化都具有一定的同步性,且前者比后者的同步性更好,这说明了  $R$  对 NDVI 的影响程度大于  $\beta$  对 NDVI 的影响程度。

广州市地处亚热带,为典型的海洋性季风气候区,雨热同期,降水丰富,植被为亚热带常绿阔叶林,外貌终年常绿,林相整齐,在自然状态下一年四季植被变化并不明显,气候、降水、城市热岛等自然因子对 NDVI 变化影响相对较小,人类活动对 NDVI 变化的影响正逐渐增大,而人类活动的最直接体现

就是土地利用的变化,所以土地利用是影响广州市NDVI变化的主导因子。可以预见如果广州市未来如果不重视提高中、高覆盖度植被的覆盖率,随着土地利用程度提高与城市用地扩展,广州市平均NDVI值仍将持续下降。

### 3 结论

(1)通过6S模型对TM影像进行大气校正,提高了NDVI监测的精度,结果表明广州市总体生态环境质量虽然较好,但NDVI平均值从1990年~2000年呈明显下降趋势,2000年后得以轻微好转,反映了广州市对生态环境的保护取得一定成效。

(2)广州市土地利用遥感解译结果表明广州市土地利用程度较高,仍呈上升趋势,1990年~1995年和2000年~2005年间土地利用程度指数和城市用地扩展强度都比较大,“开发区热”和“房地产热”是主要驱动因子。

(3)通过土地利用变化与NDVI变化的拟合分析可知两者有高度的负相关关系,并得出La与NDVI的定量关系模型,表明由于人类活动引起的土地利用变化超越了其它因子对NDVI的影响,是广州市NDVI变化的主要原因之一。

(4)广州市土地利用类型复杂多样,变化剧烈,本文仅从土地利用的3个方面指标与NDVI的变化进行了关联分析,下一步还需要从土地利用的其它指标与NDVI进行更全面的相关性研究,并对土地利用变化对NDVI影响机制进行深入的探讨。

#### 参考文献:

- [1] 高中灵,汪小钦,周小成. 火烧迹地信息遥感快速提取方法研究[J]. 国土资源遥感,2005,(3):14-18.
- [2] 于信芳,庄大方. 基于MODIS/NDVI数据的东北森林物候期监测[J]. 资源科学,2006,28(4):111-117.
- [3] Mark R, Rick C, Mick C, et al. Long-term Studies of Vegetation Dynamics[J]. Science, 2001, 29(3): 650-655.
- [4] Sellers P J. Canopy Reflectance Photosynthesis and Transpiration

- [J]. International Journal Remote Sensing, 1985, 6: 1335-1372.
- [5] 陈朝晖,朱江,徐兴奎. 利用归一化植被指数研究植被分类、面积估算和不确定性分析的进展[J]. 气候与环境研究,2004,9(4):677-696.
- [6] 郭广猛,谢高地,甄霖. 泾河上游固原地区的NDVI变化与降水的相关性研究[J]. 资源科学,2007,29(2):179-182.
- [7] 孙艳玲,延晓冬,谢德体. 基于因子分析方法的中國植被与气候关系研究[J]. 山地学报,2007,25(1):54-63.
- [8] 王宏,李晓兵,莺歌,等. 基于NOAA NDVI的植被生长季模拟方法研究[J]. 地理科学进展,2006,25(6):21-31.
- [9] William L. Assessment of ASTER Land Cover and MODIS NDVI Data at Multiple Scales for Ecological characterization of an Arid Urban Center[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 99:31-43.
- [10] 陈云浩,李晓兵,陈晋,等. 1983-1992年中国陆地植被演变特征的变化矢量分析[J]. 遥感学报,2002,6(1):12-18.
- [11] 孙红雨,王长耀,牛铮,等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系[J]. 遥感学报,1998,2(3):204-210.
- [12] 李月臣,陈晋,官鹏,等. 基于时间序列数据的土地覆盖变化检测指标设计[J]. 应用基础与工程科学学报,2005,13(3):261-274.
- [13] 罗亚,徐建华,岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法述评[J]. 生态科学,2005,24(1):75-79.
- [14] 安培浚,刘树林,颜耀文,等. 植被指数遥感定量研究[J]. 遥感技术与应用,2005,20(6):574-580.
- [15] 阿布都瓦斯提·吾拉木,秦其明,朱黎江. 基于6S模型的可见光、近红外遥感数据的大气校正[J]. 北京大学学报(自然科学版),2004,40(4):611-618.
- [16] Qi J, Kerr Y, Chehbouni A. External Factor Consideration in Vegetation Index Development, in 6th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing[J]. Valdece France, 1994, 17(26):723-730.
- [17] 韦素琼,陈健飞. 土地利用变化区域对比研究——以闽台为例[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [18] 李晓文,方精云,朴世龙. 上海城市用地扩展强度、模式及其空间分异特征[J]. 自然资源学报,2003,18(4):412-422.
- [19] 谢国辉,李晓东,周立平,等. 气候因子影响天山北坡植被指数时空分布研究[J]. 地球科学进展,2007,22(6):618-623.
- [20] 田平,田光明,王飞儿,等. 基于TM影像的城市热岛效应和植被覆盖指数关系研究[J]. 科技通报,2006,22(5):708-713.

## THE RELATIONSHIP BETWEEN NDVI CHANGE AND LAND USE IN GUANGZHOU CITY

ZHENG Rong-bao<sup>1,4</sup>, ZHUANG Jian-shun<sup>2</sup>, ZHANG Jin-qian<sup>3</sup>

(1. College of Geographic and Planning, Center of Land Research, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China; 3. Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Science, Guangzhou 510650, China; 4. School of Economics and Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

**Abstract:** Urbanization is the main factor responsible for the driving force of *NDVI* change. Based on the atmospheric correction by means of the “6S” model, the authors obtained the *NDVI* data and land use maps from TM imagery. These data were used to study the correlative relationship between *NDVI* change and land use in Guangzhou City as well as relevant problems. The results show that the vegetation coverage in Guangzhou decreased continuously from 1990 to 2000 but began to increase slowly afterwards. The decrease rates were different in space and were consistent with the city development pattern. The land use degree and city expansion indexes remained increasing after 2000. The model of quantitative relationship with a high adjusted  $R^2$  of 0.88 was simulated by using associative analysis, and the result shows that the vegetation decrease is highly related to the activities of human beings in Guangzhou City. Much research work remains to be done in future.

**Key words:** TM data; Land use; *NDVI*; Guangzhou city

第一作者简介: 郑荣宝(1975 - ),男,在读博士生,主要研究方向为土地资源开发利用与保护。

(责任编辑: 李 瑜)

=====  
(上接第 101 页)

(2) 基于栅格数据的空间分析方法在城镇土地定级工作中应用,能大大提高工作效率和定级成果精度,同时能使工作成果易于表达、美观和直观,节约大量人力、物力和财力。

(3) 基于栅格数据空间分析方法的城镇土地定级研究是在土地定级方法上的一种有益的探索,如何尽可能的深入探讨,使该分析工具更好的为城镇土地定级工作服务,是今后应该努力的方向。

**参考文献:**

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 城镇土地分等定级规程[S]. 北京:中国标准出版社,2002.  
[2] 党安荣,陈晓峰,等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理办法[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

[3] 郑礼权. 固定网格法在城镇土地定级中的应用[J]. 现代情报, 2002, (4):154 - 155.  
[4] Chang Kang - tsung. Introduction to Geographic Information Systems[M]. 北京:科学出版社,2003.  
[5] 郭万欣,杨太保,刘晓燕. 基于矢量栅格一体化数据模型与面向对象技术的城市地价动态监测系统[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2004,40(4):101 - 105.  
[6] 汤国安,杨 昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京:科学出版社,2006.  
[7] ESRI Inc. ArcGIS9\_ArcGIS\_Spatial\_Analyst[M]. Redland, CA, 2004.  
[8] Paul A. Longley and Michael Batty. Advanced Spatial Analysis [M]. New York:Esry Press,2003.  
[9] 严 星,林增杰. 城市地产评估[M]. 北京:中国人民大学出版社,1999.

**THE APPLICATION OF RASTER DATA SPATIAL ANALYSIS TO URBAN LAND GRADING**

LIN Xian - cheng<sup>1,2</sup>, YANG Wu - nian<sup>1</sup>

(1. RS and GIS Research Institute of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Sichuan Normal University, Chengdu 610066, China)

**Abstract:** The spatial analysis of raster data makes up the basis of GIS spatial analysis, and is also the kernel of the ArcGIS spatial analysis module. The authors studied the application of raster data spatial analysis to urban land grading in the city of Dazhou, Sichuan Province, which included the partition of the grading cell, the obtaining of all kinds of distances in the process of grading, the calculation of the effective values of all kinds of grading elements and the integration of effective values as well as the drawing of all kinds of effective value contours. It is concluded that the raster data spatial analysis tool can play a very important role in the urban land grading, and therefore has broad prospects in future application.

**Key words:** Land grading; Raster data; Spatial analysis

第一作者简介: 林先成(1968 - ),男,在读博士,讲师,主要从事遥感与地理信息系统应用研究。

(责任编辑: 李 瑜)