

# 北运河地区植被覆盖的遥感估算及变化分析

孙久虎,刘晓萌,李佑钢,张 洁,孟 健

(资源环境与地理信息系统北京重点实验室,首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100037)

**摘 要:**植被覆盖度作为衡量地表植被覆盖的一个重要指标,是计算土壤侵蚀模数、分析土壤侵蚀的必要参数。根据 1994 年和 2004 年两期同时相的 Landsat TM 遥感图像资料,处理和分析并提取北运河地区的  $NDVI$  指数,利用像元二分模型原理定量估算植被覆盖度,得出其植被覆盖分类图。在此基础上分析了北运河地区 10 年来的植被覆盖变化特征。

**关键词:**遥感; $NDVI$ ;像元二分模型;植被覆盖度

**中图分类号:**TP79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2006)06-0097-03

## Estimation of Vegetation Fraction in Beiyunhe District by Remote Sensing

SUN Jiu-hu, LIU Xiao-meng, LI Your-gang, ZHANG Jie, MENG Jian

(Key Lab of Resources Environment and GIS, College of Resources

Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

**Abstract:**Vegetation fraction is a very important index to score the vegetation coverage on the land surface and is used in many aspects as one of the input parameters. Based on the dimidiate pixel model and the normalized difference vegetation index, the vegetation fraction of study region can be calculated by using the model of quantifying vegetation fraction from normalized difference vegetation. The vegetation fraction in Beiyunhe valley of remote sensing was calculated based on this model. The authors used 1994 and 2004 Landsat TM data to analyze vegetation changes in Beiyunhe valley.

**Key words:**remote sensing; $NDVI$ ;dimidiate pixel model;vegetation fraction

## 1 引 言

近 10 年来,由于全球气候变化和人类活动的影响,北运河水系范围内的植被覆盖发生了相应的变化,因此定量地分析其变化状况,对解析引起变化的影响因素及预测植被的演化方向有着重要意义。随着遥感对地观测技术的发展,国内外应用遥感技术进行了大量的植被覆盖研究。赵强等基于 Landsat TM 数据对潮白河地区植被覆盖变化进行研究<sup>[1]</sup>;江振蓝和沙晋明利用多时相 TM 图像分析福州市地表植被的变化<sup>[2]</sup>。

传统测量植被覆盖度的方法是地面测量,最简单的方法就是目测法<sup>[3,4]</sup>,其缺点主要是主观性太强,更加客观的测量方法有采样法<sup>[5]</sup>、以及仪器法<sup>[3]</sup>借助于采样仪器的测量方法,如空间定量计、移动光量计等。这些方法虽然提高了测量的精度,但野外操作不便且成本较高,难以在大范围内快速提取植被覆盖度。为了完成大范围地区的植被覆盖度监测,目前使用较多的遥感测量方法有回归模型法、植被指数法以及像元分解模型法等。直接利用植被指数近似估算植被覆盖度是一种比较好的方法。Qij 等使用  $NNDVI$  植被指数代入像元二分模型,研究了美国西南部的 sanpedro 盆地的植被时空动态变化;杨胜天等<sup>[9]</sup>使用  $NDVI$  将植被覆盖度分为高、中高、中、低 4 种类型。

在进行北运河地区水土保持规划时,为了计算研究区的土壤侵蚀模数以及研究区的土壤流失强度,本文根据像元二分模型以及归一化植被指数估算植被覆盖的原理,利用归一化植被指数定量估算植被覆盖度的模型,对北运河地区植被覆盖度进行了遥感估算。

## 2 研究区概况及源数据

本研究研究的北运河水系范围包括昌平区、朝阳区、通州区和顺义区的一部分,总面积为 3 115 km<sup>2</sup>,以下简称为北运河地区。属中纬度大陆性暖湿季风气候,四季分明,春季少雨多风,夏季炎热多雨,秋季天高气爽,冬季寒冷干燥。降水量年际间变化较大,最多的年份与最小的年份相差 3 倍,年内季节分布也不均匀,多年平均降水量 516.4 mm,汛期降雨量 429.4 mm,占全年降水量的 83.2%;多年平均日照总时数 2 772.3 h;水面蒸发量 1 889.1 mm;平均气温 11.6℃,无霜期 209 d,最大冻土深度 69 cm;盛行东北风和西南风。

北运河水系可分为温榆河和北运河两段。温榆河是北运河的上源,源于北京市昌平区,承泄西山及燕山南麓的诸小水流。有东沙河、北沙河、南沙河汇合于沙河镇以后称为温榆河,沿途有蔺沟、坝河和小中河等河流汇入。北运河是京杭大运河的北段,自通州以下,沿途纳入了凉水河、凤港减河及龙凤新河<sup>[6]</sup>。本文所研究的北运河水系流域范围包括昌平区、朝阳区、通州区和顺义区的一部分,总面积约为 3 115 km<sup>2</sup>(根据 2004 年的 Landsat TM 图像由 GIS 软件测算而出),以下简称为北运河地区,如图 1 所示。

土壤分布与地貌类型明显一致,近河多砂壤土,向东南由粗变细,砂壤土、轻壤土与地形坡向呈一致的带状分布。土壤结构中部多为潮土类二合土,西部为黄潮土,南部有少许硝盐土,土壤熟化程度高,土质好,比较肥沃,宜农作物和植物生长。

北运河地区植被覆盖度估算的遥感数据选用 Landsat5 TM 遥感图像。TM 图像的成像时间为 1994 年 8 月 28 日和

\* 收稿日期:2005-12-01

基金项目:北京市自然科学基金资助(4042011)

作者简介:孙久虎(1983-),男,硕士,研究方向为遥感与地理信息系统应用。

2004 年 9 月 8 日, 两幅图像的成像月份基本一致, 时相吻合较好, 在变化分析时可以认为该 2 个时相影像具有可比性。本研究所用数据还包括矢量化的北京市行政区划图和 1:5 万的北京市地形图等数据。

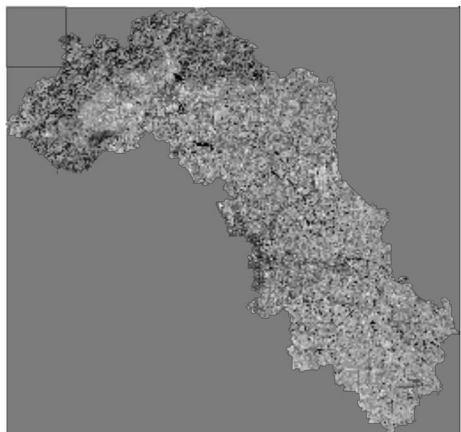


图 1 2004 年北运河地区图

研究区土地利用数据采用的是研究区土地利用图来自原国家土地管理局主持的全国县级土地利用现状详查资料, 并依据全国农业区划委员会《土地利用现状调查技术规程》(1984 年 5 月) 进行划分, 采用二级分类。土壤数据来自全国第二次土壤普查, 其分类系统采用 6 级制, 即土纲、土类、亚类、土属、土种、变种, 本次植被覆盖度估算利用的是其中土类的信息。

### 3 植被覆盖度遥感估算模型

像元二分模型<sup>[7-9]</sup>假设 1 个像元的地表是由有植被覆盖部分地表与无植被覆盖部分地表组成, 而遥感传感器观测的光谱信息也由这 2 个组分因子合成, 各因子的权重是各自的面积在像元中所占的比率, 即可以把植被覆盖度作为植被的权重。<sup>[11]</sup>

#### 3.1 像元二分模型

根据像元二分模型的原理, 通过遥感传感器所观测到的信息  $S$  可以表达为由植被覆盖部分所贡献的信息  $S_v$ , 和由无植被覆盖部分所贡献的信息  $S_s$  两部分, 即:  $S = S_v + S_s$ 。

设一个像元中有植被覆盖的面积比例为  $f_c$ , 即为该像元的植被覆盖度, 则无植被覆盖的面积比例为  $1 - f_c$ 。如果全由植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息为  $S_{veg}$ , 则混合像元的植被部分所贡献的信息可以表示为  $S_{veg}$  与  $f_c$  的乘积, 即:  $S_v = f_c \times S_{veg}$ 。

同理, 如果全由无植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息为  $S_{soil}$ , 混合像元的土壤成分所贡献的信息  $S_s$  可以表示为  $S_{soil}$  与  $1 - f_c$  的乘积:

$$S_s = (1 - f_c) \times S_{soil} \quad (1)$$

对式 (1) 进行变换, 得到计算植被覆盖度的公式:

$$F_c = (S - S_{soil}) / (S_{veg} - S_{soil}) \quad (2)$$

式 (2) 中,  $S_{soil}$  与  $S_{veg}$  是像元二分模型的 2 个参数, 反映了土壤与植被的遥感信息。只要知道这 2 个参数, 就可以利用遥感信息估算植被覆盖度。

#### 3.2 利用 $NDVI$ 估算植被覆盖度

归一化植被指数是一种由遥感传感器接收的地物光谱信息推算而得的反映地表植被状况的定量值, 是植物生长状态以及植物生长空间分布密度的最佳指示因子, 与植物分布密度呈线性相关。根据像元二分模型, 1 个像元的  $NDVI$  值也可表示为由有植被覆盖部分地表与无植被覆盖部分地表组成的形式。因此, 计算植被覆盖度的公式可为:

$$F_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (3)$$

式 (3) 中,  $NDVI_{soil}$  为完全是裸土或无植被覆盖区域  $NDVI$  值,  $NDVI_{veg}$  则代表完全植被所覆盖的像元的  $NDVI$

值, 即纯植被像元的  $NDVI$  值。

$NDVI_{soil}$  对于大多数类型的裸地表面, 理论上应该接近零, 但由于受众多因素的影响,  $NDVI_{soil}$  的变化范围一般在  $-0.1 \sim 0.2$ 。 $NDVI_{veg}$  代表全植被覆盖像元的最大值, 由于植被类型的影响,  $NDVI_{veg}$  值也会随着时间和空间而改变。因此, 把土地利用图和土壤图作为计算  $NDVI_{veg}$  和  $NDVI_{soil}$  值的基础。

对于给定区域的任何 2 个像元  $A_1$  和  $A_2$ , 它们的植被覆盖度已知分别为  $F_{c1}$  与  $F_{c2}$ , 应用上述公式求解, 得到:

$$NDVI_{soil} = (F_{c2} \times NDVI_1 - F_{c1} \times NDVI_2) / (F_{c2} - F_{c1}) \quad (4)$$

$$NDVI_{veg} = [(1 - F_{c2}) \times NDVI_2 - (1 - F_{c1}) \times NDVI_1] / (F_{c2} - F_{c1}) \quad (5)$$

式 (4)、(5) 中, 像元  $A_1$  可为区域中具有  $NDVI$  最小值的像元,  $A_2$  可为区域中具有  $NDVI$  最大值的像元。此时, 对  $NDVI_{veg}$  和  $NDVI_{soil}$  的确定, 转化为随  $f_{cmax}$ 、 $f_{cmin}$ 、 $NDVI_{max}$ 、 $NDVI_{min}$  4 个参数的确定。本文中  $f_{cmax}$  近似取 100%, 且  $f_{cmin}$  近似取 0% 时, 则

$$NDVI_{soil} = NDVI_{min}; NDVI_{veg} = NDVI_{max}$$

## 4 研究方法和分析

### 4.1 遥感数据处理

选择 Landsat5 TM 图像的第 2, 3, 4 波段, 将其导入 ENVI 4.1 图像处理软件中, 然后利用北京市 1:5 万地形图对两期 TM 遥感图像进行几何纠正, 分别选取 150 个控制点 (GCP), 纠正后的误差控制在 0.5 个像元以内。从纠正后的遥感图像中剪切 (Resize Data) 对应的北运河地区的图像部分, 最后通过掩膜 (Masking) 处理, 屏蔽掉研究区以外的区域。

遥感数据都经过辐射纠正、大气纠正和几何纠正, 对于 TM 影像,  $NDVI$  的计算公式为:

$$NDVI = (TM_4 - TM_3) / (TM_4 + TM_3) \quad (6)$$

其中,  $TM_4$  和  $TM_3$  分别表示 Landsat 陆地卫星专题制图仪的第 4 波段 ( $0.75 \mu m \sim 0.90 \mu m$ ) 对应于近红外波段和第 3 波段 ( $0.63 \mu m \sim 0.69 \mu m$ ) 对应于红波段。

### 4.2 植被覆盖度的计算

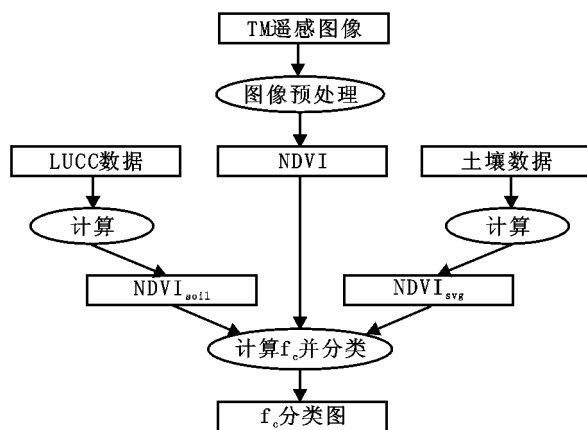


图 2 技术路线

按照如上技术路线 (图 2), 用像元二分法遥感估算模型分别对 1994 年 8 月 28 日和 2004 年 9 月 8 日北运河地区的植被覆盖度进行了计算。先根据前面生成的  $NDVI$  图, 计算  $NDVI$  值; 然后利用土地利用数据图和土壤数据图对  $NDVI$  图进行切割, 分别提取每一土地和土壤单元内的  $NDVI$ , 针对每个单元计算  $NDVI$  值的频率累积值, 最后根据频率累积表, 土壤单元内取频率为 5% 的  $NDVI$  值为  $NDVI_{soil}$ ; 土地利用单元内取频率为 95% 的  $NDVI$  值为  $NDVI_{veg}$ 。而在这一时期, 植被生长较旺盛, 林地、草地、耕地  $f_{cmax}$  可以近似为 100%,  $f_{cmin}$  近似取 0%。

根据北运河地区内的植被覆盖度  $f_c$  的值把北运河地区

分为 5 类: $f_c=0$ ,无植被覆盖区( $N_c$ ); $0 < f_c \leq 30\%$ ,低植被覆盖区( $L_c$ ); $30\% < f_c \leq 60\%$ ,中植被覆盖区( $M_c$ ); $60\% < f_c \leq 95\%$ ,高植被覆盖区( $H_c$ ); $f_c > 95\%$ ,全植被覆盖区( $F_c$ )。分类结果如图 3 所示。

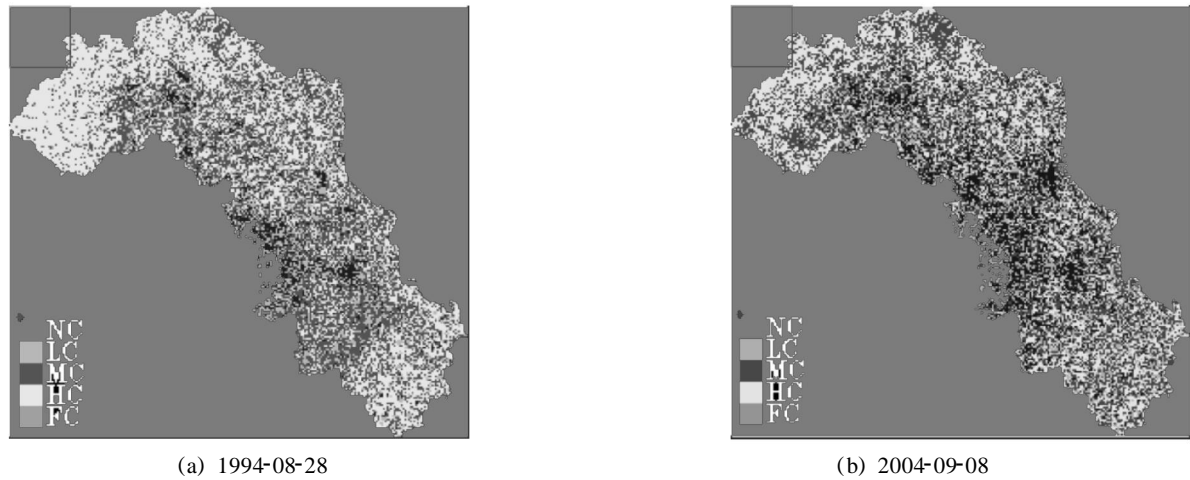


图 3 北运河地区植被覆盖分类

4.3 北运河地区 1994 年至 2004 年植被覆盖变化分析与特征总结

将生成的两张北运河地区覆盖度图转换成矢量格式,利用 Arc GIS 软件进行统计分析,结果如表 1 所示。

表 1 北运河地区植被覆盖变化

植被覆盖分类	面积/ $\text{km}^2$		1994~2004 变化	
	1994 年	2004 年	面积/ $\text{km}^2$	变化率/%
$N_c$	248.03	528.15	280.12	112.94
$L_c$	502.31	625.26	122.95	24.48
$M_c$	1107.09	1028.40	- 78.69	- 7.11
$H_c$	1263.65	932.61	- 331.04	- 26.20
$F_c$	0.90	0.71	- 0.19	- 21.11

(注:1984 - 1994 年的面积变化为 $(f_{1994} - f_{1984})$ ,百分比变化为 $(f_{1994} - f_{1984})/f_{1984}$ 。1994 - 2004 年的面积变化为 $(f_{2004} - f_{1994})$ ,百分比变化为 $(f_{2004} - f_{1994})/f_{1994}$ 。这里  $f_i$  指在  $i$  年某一植被覆盖度范围内的面积。)

从表 1 可以看出,1994 年植被覆盖区域的总面积是 2 873.95  $\text{km}^2$ ,2004 年是 2 589.98  $\text{km}^2$ 。1994 年到 2004 年间,植被覆盖区减少了 9.99%,表明在这十年内研究区内的植被覆盖情况有逐渐恶化的趋势。

按照植被覆盖变化趋势把 5 种植被覆盖类型分成两类:持续减少型和持续增加型<sup>[12]</sup>。持续减少型包括中植被覆盖区( $M_c$ )、高植被覆盖区( $H_c$ )和全植被覆盖区( $F_c$ )。其中,高植被覆盖区变化最大,由 1994 年的 1 263.65  $\text{km}^2$  减少到 2004 年的 932.61  $\text{km}^2$ ,10 年间高植被覆盖区面积减少了 331.04

$\text{km}^2$ 。持续增加型包括无植被覆盖区( $N_c$ )和低植被覆盖区( $L_c$ )。其中无植被覆盖区面积增加了 112.94%,这表明植被退化较严重。通过对 1994 年与 2004 年的植被覆盖度分布比较可以看出,这 10 年来北运河地区植被覆盖处于退化过程中。这主要是因为农业用地向非农业用地的转变,非农业用地不断扩张表现为:第一,城市建设用地的扩张;第二,农村发展交通路网,农田水利建设等也占用大量的农田。

5 结 论

本研究在遥感和地理信息系统技术的支持下,通过对 1994 年和 2004 年的 Landsat TM 图像进行分析,得出北运河地区的归一化植被指数图、植被覆盖分类图,后利用这两图分析北运河地区 10 年来的植被覆盖变化。结果表明:利用 NDVI 植被指数,代入像元二分模型进行植被覆盖度的估算,方法简单易行。运用此方法对北运河地区植被覆盖度进行遥感估算,可以快速有效地分析不同时期的植被时空覆盖变化,具有应用广泛的现实意义;结果可作为进行北运河地区水土保持规划中土壤侵蚀强度及土壤侵蚀量的重要输入参数。

当然其中仍存在一定的问題将在以后的工作中深入研究:(1) NDVI 在植被覆盖度大于 85% 时,对植被覆盖度的变化不再敏感。(2) 土地覆盖的类型不同,在确定  $NDVI_{veg}$ 、 $NDVI_{soil}$  与  $NDVI_{max}$ 、 $NDVI_{min}$  时,最好有实测资料,以保证估算的精度。(3) 只析了植被覆盖变化的情况,并没有详细地分析其变化原因,因此需要在做进一步研究其变化影响因子。

参考文献:

[1] 赵强,等.基于 Landsat TM 数据的潮白河地区植被覆盖变化研究[J].遥感信息,2005,21-23.  
[2] 江振蓝,沙晋明.利用多时相 TM 影像分析福州市地表植被的变化[J].水土保持研究,2003,10(4):69-71.  
[3] 章文波,符素华,刘宝元.目估法测量植被覆盖度的精度分析[J].北京师范大学学报(自然科学版),2001,37(3):402-408.  
[4] 张云霞,李晓兵,陈云浩.草地植被覆盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J].地球科学进展,2003,18(1):85-93.  
[5] 赵春玲,李志刚,吕海军,等.中德合作宁夏贺兰山封山育林育草项目区植被覆盖度监测[J].宁夏农林科技,2000,(6):6-14.  
[6] 霍亚贞,杨作民,孟德政.北京自然地理[M].北京:北京师范学院出版社,1989.168-169.  
[7] Deferis R S, Townshend J R G. NDVI derived land cover classification at a global scale [J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15:3567-3586.  
[8] Palmer A R, Van rooren A F. Detecting vegetation change in the southern Kalahari using Landsat TM data[J]. Journal of Arid Environments, June 1998, 39(2):143-153.  
[9] 杨胜天,刘昌明,孙睿.近 20 年来黄河地区植被覆盖变化分析[J].地理学报,2002,57(6):679-684.  
[10] Hui Qingliu, Alfredo Huete. A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33(2):457-465.  
[11] 李苗苗,吴炳方,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):153-159.  
[12] 陈云浩,等.北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J].植物生态学报,2001,25(5):588-593.