

# 基于 TM 影像的焦作市植被覆盖度时空动态监测

罗盛锋<sup>1,2</sup>,刘永丽<sup>2</sup>,巩时源<sup>3</sup>

(1. 中南林业科技大学 生命科学与技术学院,湖南 长沙 412006; 2. 桂林理工大学 旅游学院,广西 桂林 541004; 3. 河南理工大学 测绘与国土信息工程学院,河南 焦作 454000)

**摘要:**以焦作市 2000 年和 2013 年 Landsat TM 影像为基础,依据归一化植被指数和像元二分模型,对焦作市近 13 a 来植被覆盖度变化情况进行分析。研究表明,2000—2013 年焦作市植被覆盖度总体比较低,其中修武县的植被覆盖度是所有区域中最高的;与 2000 年相比,2013 年焦作市植被覆盖度总体增加,其中低及以下植被覆盖度区域面积明显减少,中低及以上植被覆盖度区域面积均有明显增加。

**关键词:** TM 影像; 植被覆盖度; 归一化植被指数; 像元二分模型; 焦作市  
**中图分类号:** X87;Q948.156      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2015)04-0177-04

## Research on Vegetation Coverage and Changes Monitoring of Jiaozuo Based on TM Images

LUO Shengfeng<sup>1,2</sup>, LIU Yongli<sup>2</sup>, GONG Shiyuan<sup>3</sup>

(1. School of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 412006, China; 2. School of Tourism, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China; 3. School of Surveying & Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

**Abstract:** Based on the Landsat TM images of Jiaozuo city in 2000 and 2013, the change of vegetation coverage from 2000 to 2013 was studied using the normalized differential vegetation index (NDVI) and dimidiate pixel model. The results showed that the vegetation coverage of Jiaozuo was low in general, the vegetation coverage in Xiuwu county was the highest. Compared with 2000, the vegetation coverage increased in 2013, the low and under vegetation coverage areas decreased obviously, the low-medium and above vegetation coverage areas increased in 2013.

**Key words:** TM image; vegetation coverage; NDVI; dimidiate pixel model; Jiaozuo city

植被覆盖度是反映区域植被空间特征的指标,也是开展城市生态系统健康评价的前提和基础<sup>[1]</sup>。获取地表植被覆盖现状及其变化信息,对于揭示地表空间分异规律、探讨植被覆盖度变化的驱动因子、分析评价区域生态环境质量具有重要的现实意义<sup>[2]</sup>。

植被覆盖度测量方法可分为地面测量和遥感测量两大类<sup>[3]</sup>,地面测量方法有采样法、目估法、仪器法和模型法<sup>[4]</sup>,这种方法研究的精度较高,但效率低,投入成本与工作量也较大,不适宜大范围地区的植被覆盖度测量。利用遥感技术对植被覆盖度快速

估算和分析,不仅可以准确、快速、大范围地提取植被覆盖度信息,还有助于提高研究的精度,逐渐成为植被覆盖度研究的重要工具,此方法已在多个地区得到应用<sup>[5-7]</sup>。基于遥感数据估算植被覆盖度的方法很多,但大多方法具有操作繁琐、测量时间长、受条件限制多或只适用于特定区域和特定植被类型的缺陷,而像元二分模型不依赖实测数据,尤其是基于 TM 数据建立像元二分模型进行植被覆盖度的估算精度较高,推广性强,易于在不同区域范围内开展大面积研究。国内学者已利用像元二分模型法对一些城市的植被覆盖度做了专题研究<sup>[7-10]</sup>,研究结果均

收稿日期:2014-10-07  
基金项目:国家林业局 948 项目(2013-4-74);国家社科基金项目(13CJY075)  
作者简介:罗盛锋(1977-),男,湖南湘乡人,副教授,博士,主要从事旅游开发与规划、生态旅游研究。  
E-mail:shengfeng\_luo@163.com

具有相当高的精度。本研究综合两者的优势,采用遥感影像数据,基于像元二分模型法来估算研究区的植被覆盖情况,为焦作市城市环境规划、生态建设以及社会经济发展提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

焦作市位于河南省西北部,112°43′~113°38′E,34°49′~35°29′N,地处太行山脉与华北平原的过渡地带,从北至南呈明显的阶梯状变化,地貌类型较全,山地、丘岗、平原、滩涂皆备;属温带大陆性季风气候,冬冷夏热、春暖秋凉,四季分明且雨热同季;辖4个市辖区、4个县、1个省级高新技术产业开发区,代管2个县级市,即:解放区、山阳区、中站区、马村区、修武县、武陟县、温县、博爱县、沁阳市、孟州市,总面积达4 071 km<sup>2</sup>。

1.2 数据来源及预处理

1.2.1 数据来源 本研究所使用的遥感数据是焦作市2013年6月4日的Landsat 8卫星影像和2000年5月31日的Landsat 7 ETM卫星影像数据。这2个年度植被长势较好,遥感影像能较好地反映植被状况,而且时间上较近,植被状况具有可比性。

1.2.2 数据预处理

1.2.2.1 大气校正 大气校正可以消除大气和光照等因素对地物反射的影响。根据前人研究成果及经验,在使用归一化植被指数(NDVI)来计算研究区植被覆盖度时,如果不进行大气校正,局部地区NDVI值的计算误差将达到50%以上<sup>[11]</sup>。本研究使用ENVI 4.8进行基于黑暗像元法的大气校正。

1.2.2.2 几何校正 为了进行动态比较,需要对遥感影像进行几何校正和两期影像配准。以焦作市1:10万数字栅格地形图为基准,采用UTM投影、WGS84坐标系统,选地面同名地物作为控制点,用三次多项式拟合法,经双线性内插对2000年ETM影像进行几何纠正。以校正后的影像作为基准影像,同法纠正2013年的TM影像。两者几何校正的最大误差不超过0.5个像元,以保证2个不同时期数据相同位置像元的空间位置配准。

1.2.2.3 裁剪处理 利用全国县域1:400万矢量图,在ArcGIS 10.0的支持下,先提取焦作市的矢量图,然后利用提取出的研究区边界,采用ENVI 4.8不规则分幅裁减法对遥感影像进行裁减,得到与研究区域一致的遥感图像。

1.3 植被覆盖度计算方法

1.3.1 像元二分模型 像元二分模型是假设一个像元的信息可以分为土壤与植被两部分。通过遥感传感器所观测到的信息S,就可以表达为植被成分S<sub>g</sub>和土壤成分S<sub>0</sub>,即S=S<sub>g</sub>+S<sub>0</sub>。将S线性分解为S<sub>g</sub>与S<sub>0</sub>两部分,像元中有植被覆盖的面积比例即为

该像元的植被覆盖度f<sub>g</sub>,而土壤覆盖的面积比例为1-f<sub>g</sub>。

假设,全植被覆盖的纯像元所得的遥感信息为S<sub>veg</sub>,无植被覆盖的裸土像元的遥感信息为S<sub>soil</sub>,像元中植被成分所贡献的信息S<sub>v</sub>可表示为:S<sub>v</sub>=S<sub>veg</sub>×f<sub>g</sub>;同理,土壤成分所贡献的信息S<sub>0</sub>可以表示为S<sub>soil</sub>与1-f<sub>g</sub>的乘积。由上述公式可得到公式(1):

$$S=f_g\times S_{veg}+(1-f_g)\times S_{soil} \tag{1}$$

对公式(1)进行变换,可得出植被覆盖度的计算公式(2):

$$f_g=(S-S_{soil})/(S_{veg}-S_{soil}) \tag{2}$$

1.3.2 植被覆盖度计算 NDVI是近红外波段NIR(0.7~1.1 μm)与可见光红波段R(0.63~0.69 μm)数值之差与这2个波段数值之和的比值,它可以部分消除与太阳高度角、卫星观测角、地形、云、阴影和大气有关的大气程辐射的影响,是目前应用最为广泛的植被指数。对于遥感影像,其计算公式如下:

$$NDVI=(NIR-RED)/(NIR+RED) \tag{3}$$

式中,NIR为地物在近红外波段的反射率,RED为地物在红波段的反射率。

NDVI可以很好地反映不同时期植被的长势以及不同地点植被的覆盖情况,所以在像元二分模型的基础上,通过NDVI来估算植被覆盖度,结合公式(2)、(3)可得出利用NDVI计算植被覆盖度的公式(4):

$$f_g=(NDVI-NDVI_{soil})/(NDVI_{veg}-NDVI_{soil}) \tag{4}$$

式中,NDVI<sub>soil</sub>、NDVI<sub>veg</sub>分别为无植被覆盖裸地像元和全植被覆盖像元的NDVI值,其余符号意义同上。

1.4 植被覆盖度变化监测方法

以2000年和2013年2个年份的影像为数据源,按2个年份的植被覆盖情况将研究区植被覆盖度划分为6级,即零植被覆盖度(0)、低植被覆盖度(0~10%)、中低植被覆盖度(10%~30%)、中植被覆盖度(30%~50%)、中高植被覆盖度(50%~70%)、高植被覆盖度(70%~100%)。在ArcGIS 10.0中利用重分类模块,按照上述分类标准得到焦作市植被覆盖度等级图,根据像元个数(面积)的变化来判断各等级植被覆盖度的变化。

2 结果与分析

2.1 焦作市植被覆盖度分布特点

为了更加直观地分析焦作市十几年间的植被覆盖度变化,在ArcGIS 10.0中针对提取到的2000年和2013年的NDVI灰度图(图1),做差值运算,并做分类处理,负值说明NDVI减少,正值说明NDVI增加。通过图1可发现,13a来焦作市NDVI总体

上有很大提升,但也有部分区域植被覆盖情况有所退化。其中,修武县、市辖区、博爱县等地区北部靠近太行山处植被覆盖度高,且植被覆盖度 13 a 来提

升幅度较大;市辖区、博爱、武陟和温县的衔接处即全市中部地区的植被覆盖度提升幅度不大,甚至有一定程度的退化。

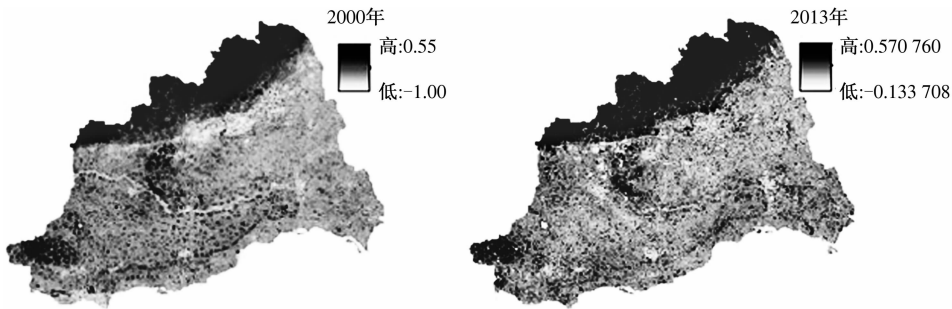


图 1 焦作市 NDVI 灰度图

2.2 焦作市植被覆盖度总体变化

利用 ArcGIS 10.0 软件中的空间分析模块,依据上述 6 级植被覆盖度分类标准,对焦作市 2000 年、2013 年两期植被覆盖度进行监测分类(图 2),统计不同植被覆盖度区域像元总数(表 1)。2000—2013 年,总体上焦作市植被覆盖情况欠佳。2000 年焦作市低和中低植被覆盖度面积占总面积的 77.7%,2013 年中和中低植被覆盖度面积占总面积的 79.9%,可见焦作市在 2000 年以后的 10 a 间除个别区域外,植被覆盖度呈现出明显的上升势头,并

且不同植被覆盖度等级的区域面积所占比例变化趋势不同。低及以下植被覆盖度所占比例呈下降趋势,其中低植被覆盖度从 2000 年的 39.3% 减少到 2013 年的 3.6%,减少了 35.7 个百分点;低以上植被覆盖度呈上升趋势,其中中低植被覆盖度所占比例有明显增加,由 38.4% 增加到 61.3%;中植被覆盖度所占比例由 8.1% 增加到 18.6%;高植被覆盖度所占比例也有所增加,增加了 2.8 个百分点。总体上,焦作市植被覆盖度呈“中间快、两头慢”的变化特征。

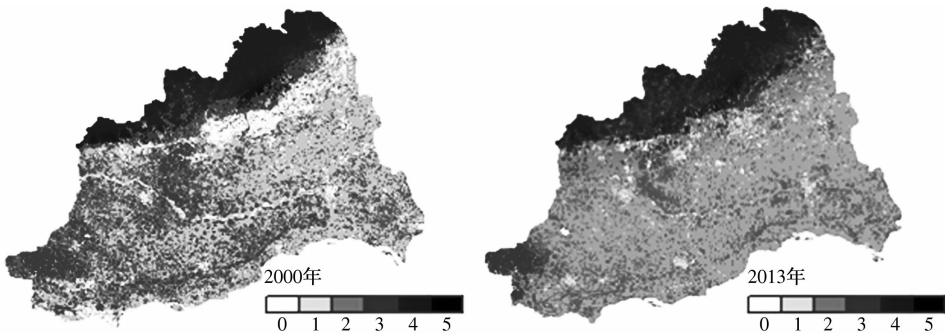


图 2 焦作市植被覆盖度等级分布

表 1 2000—2013 年焦作市植被覆盖度像元个数(面积)变化对比

植被覆盖度	2000 年		2013 年		2013 年比 2000 年 ±	
	像元数/个	所占比例/%	像元数/个	所占比例/%	像元数/个	百分点
零	267 842	6.1	33 426	0.8	-234 416	-5.3
低	1 722 066	39.3	155 800	3.6	-1 566 266	-35.7
中低	1 680 866	38.4	2 684 640	61.3	1 003 774	22.9
中	354 662	8.1	814 954	18.6	460 292	10.5
中高	188 905	4.3	400 248	9.1	211 343	4.8
高	165 134	3.8	287 604	6.6	122 470	2.8

2.3 焦作市植被覆盖度空间分布特征

由图 2 和图 3 可以看出,2013 年焦作市各县、市、区的植被覆盖情况均比 2000 年好,说明焦作市的植被覆盖情况在这 13 a 有了明显改善,尤其是距离城市建成区较远的一些山区、生态保护区和游览区。焦作市植被覆盖等级在空间上有较大差异,主要以中植被覆盖度为主。其中,中、高植被覆盖度区

域集中分布在城市远郊地带,如修武、博爱等县,这些区域处于焦作市经济转型的生态控制与保育地带,区域内植被覆盖程度高,生态环境质量优良。修武县的植被覆盖度是所有区域中最高的,因为 2001 年开始焦作市致力于经济转型,对旅游业异常重视,而位于修武县的云台山景区正是焦作市旅游发展的龙头,所以修武县的植被覆盖度较其他区域都高。

低植被覆盖区主要分布在市区及温县、武陟县等地，这些地区植被覆盖状况与人口活动强度、自然条件、经济政策有关。比如武陟县、温县等地人口在整个市排名靠前，人口密度较大，另一方面工业较发达，致使该地植被覆盖率低。

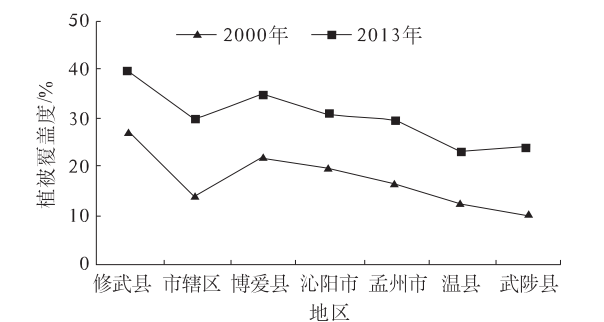


图 3 2000 年和 2013 年焦作市植被覆盖度空间分布特征

3 结论与讨论

植被覆盖度是刻画陆地表面植被数量的一个重要参数，也是指示生态系统变化的重要指标，在一定程度上，植被变化能在全局变化研究中充当“指示器”的作用。植被在时间和空间上的变化直接反映了当地乃至区域环境的变化结果，对其进行研究对草林植被恢复建设、城市绿化都有显著推动作用，也有助于焦作市的转型升级。

本研究结果表明，在时间上，2000—2013 年焦作市植被覆盖度呈波动增长趋势，低植被覆盖度区域面积有所减少，中低、中植被覆盖度区域面积明显增加，中高、高植被覆盖度区域面积也有所增加。2000 年低和中低植被覆盖度面积占 77.7%，2013 年中低和中植被覆盖度面积占 79.9%；各县、市、区的植被覆盖度也都有所增加。焦作市植被覆盖发展态势较好，这可能与区域降水、地形地貌、人口压力、经济政策等因素相关。尤其是经济政策因素，2008 年焦作市被国家发展改革委正式列为资源型城市转型试点，开始了其百年煤城的转型之路，此后着力向国际旅游名城、山水园林城市、生态宜居城市的目标迈进，谱写了一部绿色传奇。

在空间上，2000—2013 年焦作市植被覆盖度的空间差异表现为“北高南低、西高东低”，北部和西部地区的植被覆盖度高于东部和南部；在植被覆盖度变化方面，呈现出“东高西低”的态势。东部的武陟县、修武县、博爱县和市区植被覆盖度的增长幅度大于西部地区，但西部孟州市的增长却相对较高。说明自然条件好、人为干预少、经济强度低的区域植被覆盖度较高，但随着经济的发展，经济条件好的地

区对环境也提出了更高的要求，区域生态建设成为城市发展的重点。焦作市在煤炭资源枯竭之际适时调整经济产业政策，实行农业和旅游业并举并积极营造山水园林生态宜居之城，这在很大程度上影响了研究区植被覆盖度的区域特征和变化趋势，比如焦作市区、修武县、温县等旅游业发展较好，植被覆盖度提升较高。

本研究对于焦作市植被覆盖度发展趋势的动态监测和诊断、生态环境质量的提高具有重要意义，但仅选取了时间段中的 2 个节点来分析，未对整个时间段植被状况进行实时监测，致使结果有一定的局限性。因此，今后的工作中应在时空 2 个维度上将研究更加细化，并分析其影响因素，由此提出相应的调控措施，以期提高研究的实践指导作用。

参考文献：

[1] 梁保平,李艺,刘庆业,等.基于 TM 影像的桂林市植被覆盖时空动态监测与分析[J].中国环境监测,2011,27(4):36-40.

[2] 陈涛,李平湘,张良培.武汉地区 1988—2002 年植被覆盖度变化动态分析[J].遥感技术与应用,2008,23(5):511-516.

[3] 陈云浩,李晓兵,史培军.北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J].植物生态,2001,25(5):588-593.

[4] 万勤琴.呼伦贝尔沙地沙漠化成因及植被演替规律[D].北京:北京林业大学,2008.

[5] 兰明娟,魏虹,熊春妮,等.基于 TM 影像的重庆市北碚区地表植被覆盖变化[J].西南大学学报:自然科学版,2009,31(4):100-104.

[6] 刘小驰,宋海航.基于 TM 影像的北京市北部山区植被覆盖度遥感动态监测[J].中国西部科技,2013,12(11):43-45.

[7] 温小乐,姜兴强,徐涵秋.基于 TM 影像的长乐市植被覆盖度变化研究[J].遥感信息,2013,28(6):56-61.

[8] 王浩,李文龙,杜国祯,等.基于 3S 技术的甘南草地覆盖度动态变化研究[J].草业学报,2012,21(3):26-37.

[9] Zhang X F,Liao C L,Li J,et al. Fractional vegetation cover estimation in arid and semi-arid environments using HJ-1 satellite hyperspectral data[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,2013,21:506-512.

[10] 罗慧芬,苗放.汶川地震前后茂县植被覆盖度变化研究[J].水土保持通报,2013,33(3):202-205.

[11] 陈云浩,李晓兵,史培军.北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J].植物生态,2001,25(5):588-593.