

# 基于多期遥感影像的森林资源动态监测研究 ——以延安市桥北林业局直罗林场为例

郭晓清<sup>1</sup>, 郑粉莉<sup>1,2</sup>, 万培余<sup>3</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 陕西省林业调查规划院, 西安 710082)

**摘要:**通过研究森林资源动态变化状况以及与人类活动的关系,为进一步优化当地景观分布格局提供依据。以研究区为例,以 1990 年、2000 年和 2005 年的 TM/ETM<sup>+</sup> 影像为数据源,将 3 期影像叠加进行图像分割,检测出 3 期内土地类型发生了变化的敏感区域,结合 GIS 技术得到该区土地类型图,分析了其动态变化情况。结果表明:通过多期遥感影像进行图像分割,可以检测出土地利用类型发生变化的敏感区域,结合 GIS 空间分析,能有效地监测各种土地利用的变化及趋势,且使判读精度得到较大提高,图斑正确率为 86.8%,解译的森林面积精度达到 92.3%。在 1990—2000 年研究区有林地面积增加了 1.17%,2000—2005 年增加了 14.2%。在 15 a 间,其它林地(疏林地、未成林地、灌木林地)、草地、农地分别减少 28.77%,29.89%,8.90%。受国家退耕还林工程和天然林保护工程实施的影响,该区的土地利用/覆被类型及其面积发生了显著变化,景观斑块布局处于优化过程。

**关键词:**遥感影像; 图像分割; 森林资源; 动态监测

中图分类号:S757.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0046-05

## Dynamic Monitoring on Forest Resources Based on Multi-period Remote Sensing Image —Taking Zhiluo Forest Farm in Yan'an City as an Example

GUO Xiao-qing<sup>1</sup>, ZHENG Fen-li<sup>1,2</sup>, WAN Pei-yu<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Shaanxi Forestry Inventory & Planning Institute, Xi'an 710082, China)

**Abstract:** The dynamic change of the forest resources and the relation with human activities were studied in order to provide evidence for landscape pattern optimization. This research was based on remote sensing image segment to monitor forest resources dynamic change. Landsat TM/ETM<sup>+</sup> images of year 1990, 2000 and 2005 were taken as the data sources. Sensitive areas were detected and land use/cover change in 1990, 2000 and 2005 were analyzed by GIS. The results showed that sensitive areas of land use/cover change could be detected by multi-period remote sensing image segment. High accuracy was achieved to monitor the change and changing trend of land-use type with GIS spatial analysis. The method could reduce the work intensity, save the cost and improve work efficiency greatly. Forest area (canopy density above 0.2) has increased by 1.17% between 1990 and 2000 and 14.2% between 2000 and 2005. Other woodland (thin stocked land, afforestation for undeveloped forest, shrub), grassland and farmland decreased by 28.77%, 29.89% and 8.90%, respectively. Affected by the project of conversion of cropland into forestland and grassland and the project of natural forest protection, the type and area of land use/cover of this area have changed significantly, and landscape composition has turned to optimization.

**Key words:** remote sensing image; image segmentation; forest resources; dynamic monitor

收稿日期:2011-06-23

修回日期:2011-07-11

资助项目:国家重点基础研究发展计划项目(2007CB407201)

作者简介:郭晓清(1983—),男,陕西富平人,硕士研究生,主要从事 GIS 设计与数字制图研究。E-mail:gxtsing@sina.com

通信作者:郑粉莉(1960—),女,陕西蓝田人,研究员,博士生导师,主要从事水土保持与土壤侵蚀研究。E-mail:flzh@ms.iswc.ac.cn

中国是一个发展中大国,也是许多国际性公约的签约国,森林面积和蓄积均居世界前列,人工林面积位居世界第一,中国林业的持续发展无疑对世界林业可持续发展具有重要影响<sup>[1-2]</sup>。子午岭地区的原始森林植被在明清时期已破坏殆尽。自1866年起,因自然和社会原因,人口大量外迁,耕地荒芜,植被得以自然恢复,形成目前的次生林景观<sup>[3]</sup>。但自1929年以来,该区植被遭到多次严重破坏,其中有4次毁林开荒比较集中的时期,即民国18年(1929年)的饥荒时期、国家3a经济困难时期(1960—1962年)、10a文化大革命时期(1966—1976年)及实行家庭联产责任制时期(1978年后),导致林区边界40a共缩小20 km<sup>[4-7]</sup>。20世纪60年代国家在子午岭地区设立了多个国有林场,林场职能主要是以采伐为主,使植被资源遭到较大的破坏。自1999年国家实行天然林保护工程和退耕还林工程后,国有林场的职能也由以采伐为主转变为管护和抚育为主,植被逐年恢复。森林资源动态监测技术有3S技术、抽样技术、数学方法、数据库技术等<sup>[8]</sup>。遥感技术不受时间、气候的影响,并且能在大范围内进行监测,已成为森林资源监测的一个重要数据来源。利用TM/ETM影像判断森林植被动态是目前常用的方法。利用一个地区不同时间段的TM/ETM影像不仅能阐明当地森林植被现状及其动态趋势,更重要的是能通过可知范围内森林动态和人为活动、自然环境动态关系,对区域景观格局进一步优化提供依据。1999年以来,陕北地区全面实行退耕还林工程,使区域景观格局发生了很大变化。以这些区域景观格局为对象,系统分析一定区域内的景观动态,对优化当地景观配置和保障黄土高原生态安全,有着重要意义。本研究以子午岭地区的延安桥北林业局直罗国有林场1万hm<sup>2</sup>范围为例,利用1990年、2000年、2005年3期Landsat TM/ETM+遥感影像,分析森林资源动态变化情况,阐明研究区域内景观斑块动态过程及其与人类活动的关系,为进一步优化当地景观分布格局提供依据<sup>[9-10]</sup>。

## 1 研究区和数据来源

研究区位于陕西省延安市桥北林业局直罗林场所辖部分林区,地理坐标为108°37′—108°44′E,37°07′—37°13′N,中心点海拔1046 m。植被为温带阔叶林和混交林群落。该区年均气温9.1℃,1月平均气温-6℃,7月平均气温21.9℃,极端最高气温38.7℃,极端最低气温-26.3℃,全年≥10℃的积温2963℃,年均降雨量567.5 mm,多集中于7—9月,相对湿度60%,无霜期170~180 d。

数据来源于Landsat卫星数据,直接由世界粮农组织(FAO—Food and Agriculture Organization)网站下载,影像空间分辨率30 m。此外,本研究还利用延安市桥北林业局1990年、2000年和2005年森林资源规划设计调查(简称森林资源二类调查)成果资料。

## 2 研究方法

### 2.1 遥感图像分割

遥感影像分割是遥感影像分析的重要步骤和关键因素之一,只有在较好的分割结果基础上才能获得较好的分类结果<sup>[11]</sup>。首先根据1990年的Landsat TM和2000年、2005年的Landsat ETM+影像数据,以1:50 000地形图为依据,选取地面47个控制点(其中研究区域有6个控制点),进行几何校正,误差控制在1个像元以内<sup>[12-13]</sup>。波段选择可以根据最佳指数法<sup>[14]</sup>,计算方法简单,易于操作。理论依据是:图像数据的标准差越大,所包含的信息量也越多;而波段的相关系数越小,表明各波段的图像数据独立性也就越高,信息的冗余度也就越小<sup>[15]</sup>。其计算公式为:

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i}{\sum_{i=1, j=1}^3 |R_{ij}|} \quad (1)$$

式中: $S_i$ ——第*i*个波段的标准差; $R_{ij}$ ——第*i*,*j*个波段的相关系数。其中的标准差和相关系数矩阵可以用Ermapper来计算,OIF指数越大说明3个波段所含的信息量越大,并且3个波段之间的两两相关性越小<sup>[16]</sup>。测试选取提取森林最有效的3,4,5波段进行假彩色合成<sup>[17]</sup>(图1)。用FAO提供的Madcat软件对3期影像叠加并进行分割,其结果如图2所示。

### 2.2 影像标志库建立

为了建立遥感影像和土地利用类型的对应关系,掌握研究区域森林资源分布的一般规律,通过现地调查,建立遥感影像判读解译标志库,标志库涵盖了有林地、其它林地、农地、草地和水域5大类,共8个判读类型。

### 2.3 判别土地类型

依据遥感影像反映信息的复杂程度和调查的目的,有3种可用的方法进行图斑分类,即人工分类、半自动分类(采用密度分割的方法进行分类,采用人机交互的方法对分类图斑赋予属性)和自动分类(无监督分类,包括基于对象和基于像元的分类)<sup>[18]</sup>。本文采用半自动分类法,按森林资源规划调查设计标准,将土地类型分为有林地(郁闭度≥0.2)、其它林地(包括疏林地、未成林地、灌木林地)、农地、草地和水域。根据影像解译标志,进行目视判读解译,在ArcGIS中对不同的地类进行渲染得到土地利用图(图3)。

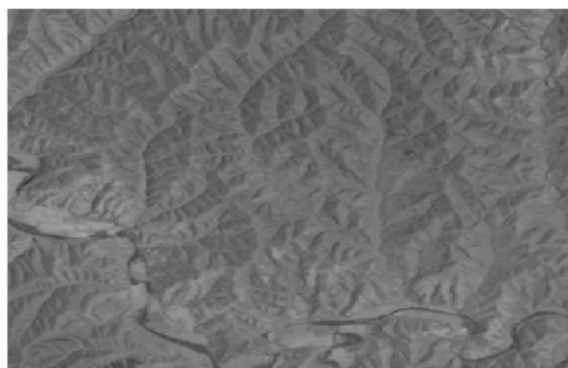


图 1 合成后影像

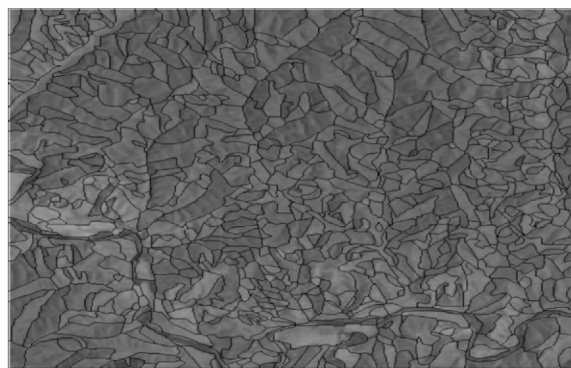


图 2 分割结果

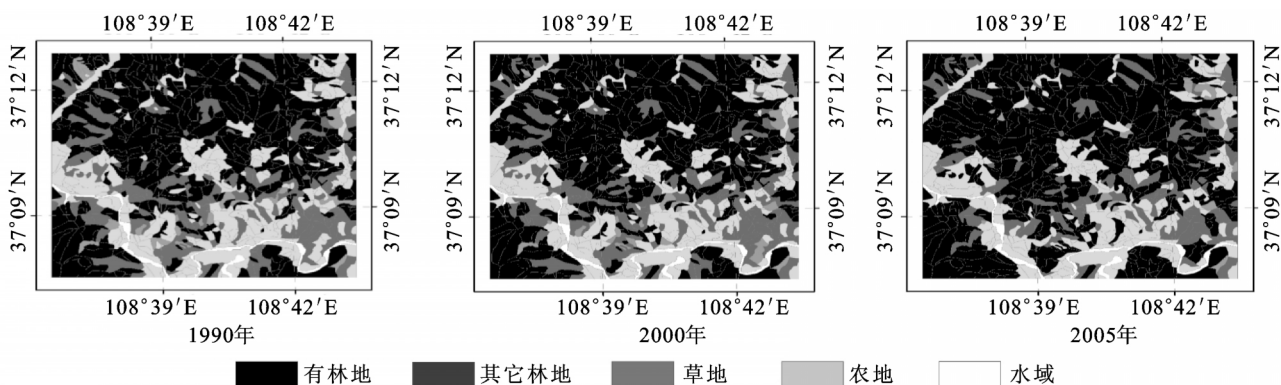


图 3 3期土地利用图

### 3 结果与分析

#### 3.1 判别有林地变化图斑

利用 ArcMAP 中的条件查询功能选择出有林地转入和转出的图斑(由乔木树种组成,郁闭度 $\geq 0.2$ 的林地或冠幅 $\geq 10$  m的林带)。获取有林地转入和转出面积及分布(图 4)。

#### 3.2 土地利用状况分析

为了更好分析土地利用状况的变化,在 ArcMAP 空间分析模块中进行空间统计分析,对各种地类图斑的总面积进行统计,其统计结果见表 1。由表 1 可见,

1990—2000 年间有林地面积增加 63.22  $\text{hm}^2$ ,仅增加了 1.17%;2000—2005 年间有林地面积增加 774.54  $\text{hm}^2$ ,森林覆盖率由 53.53%增加到 61.16%,平均年递增率为 1.51%。农地面积同期分别减少了 2.59%和 6.47%,到 2005 年耕地面积仅占该区总面积的 20.96%。草地同期分别减少 20.49%和 11.83%。水域基本没有发生变化。从分布情况来看,有林地主要在  $10^\circ\sim 30^\circ$  的坡面上,1990 年和 2000 年研究区域有林地斑块数目多,平均斑块面积小,景观较为破碎,2000—2005 年国家实施退耕还林工程,林地斑块数目减少,而斑块面积增大,说明景观斑块布局处于优化过程。

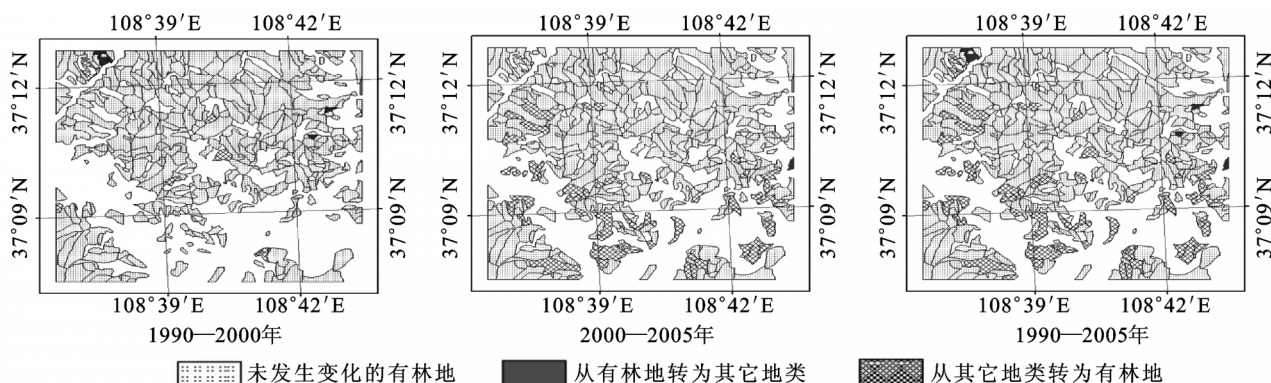


图 4 1990—2005 年有林地变化图

为了研究土地利用转化情况,对 1999—2000 年和 2000—2005 年土地利用转化情况进行分析(表 2

和表 3),发现研究区 15 a 间土地类型空间格局发生了显著变化。

表 1 1990—2005 年土地利用变化

土地利用 分类	1990 年		2000 年		与 1990 年相比 的变化率/%	2005 年		与 2000 年相比 的变化率/%
	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	面积/hm <sup>2</sup>	比例/%		面积/hm <sup>2</sup>	比例/%	
有林地	5415.15	52.91	5478.37	53.53	1.17	6259.32	61.16	14.26
其它林地	1933.52	18.89	1985.14	19.40	2.67	1377.34	13.46	-30.62
农地	2354.81	23.01	2293.69	22.41	-2.59	2145.20	20.96	-6.47
草地	262.21	2.56	208.49	2.04	-20.49	183.83	1.80	-11.83
水域	268.00	2.62	268.00	2.62	0.00	268.00	2.62	0.00
合计	10233.69		10233.69			10233.69		

表 2 研究区 1990—2000 年土地利用转化矩阵 hm<sup>2</sup>

类型	2000 年				
	有林地	其它林地	农地	草地	合计
有林地	5385.02	26.02	4.10	0	5415.14
其它林地	50.72	1882.80	0	0	1933.52
农地	21.56	24.11	2233.21	75.93	2354.81
草地	21.07	52.20	56.39	132.56	262.22
合计	5478.37	1985.13	2293.7	208.49	9965.69

(1)有林地面积增加 844.17 hm<sup>2</sup>,主要是由其它林地和农地转化而来。1990—2000 年由其它林地和农地转化为有林地的面积分别为 50.72 hm<sup>2</sup> 和 21.56 hm<sup>2</sup>,2000—2005 年为 687.89 hm<sup>2</sup> 和 67.77 hm<sup>2</sup>。其它林地经过补植、补播、生长,郁闭度增大而成为有林地。

(2)草地净减少 78.38 hm<sup>2</sup>,1990—2000 年转化为有林地、其它林地和农地分别占草地总面积的8.04%,19.91%和 21.5%,2000—2005 年为 15.41%,6.9%和 27.05%,总计 232.66 hm<sup>2</sup>。部分长势较好的草地有茂密程度不同的灌木生长,造成了草地向有林地以及其它林地的转变,而海拔较低、靠近水源并被耕地包围的草地则转变为耕地。

(3)农地减少 209.61 hm<sup>2</sup>,15 a 间共有 89.33 hm<sup>2</sup> 农地转为有林地,89.73 hm<sup>2</sup> 转为其它林地,122.31 hm<sup>2</sup> 转为草地,表明 1999 年来实施退耕还林政策取得的明显成效。

表 3 研究地 2000—2005 年土地利用转化矩阵 hm<sup>2</sup>

类型	2005 年				
	有林地	其它林地	农地	草地	合计
有林地	5471.53	0	0	6.84	5478.37
其它林地	687.89	1297.24	0	0	1985.13
农地	67.77	65.62	2088.80	71.51	2293.7
草地	32.13	14.48	56.39	105.48	208.48
合计	6259.32	1350.23	2197.43	158.7	9965.68

3.3 精度分析

为了提高监测分类的精度,将分类结果从属性精度(图斑个数正确率)和面积精度两个层次对监测精度进行分析评定。采用基于误差矩阵的统计方法<sup>[19]</sup>,选取研究区 73 块图斑进行监测结果的精度评定。结果表明:通过研究区域 1990 年、2000 年和 2005 年森林资源规划设计调查成果核实和实地调查,其中变化图斑为 15 块,不变图斑 58 块。比较分析得到判读与验证一致情况 190 次,不一致情况 29 次,从而可得到属性精度为 86.76%(表 4)。误判主要是个别图斑的土地覆盖发生了变化,从影像上看该图斑在前后时相的光谱和纹理也发生了变化,但土地利用类型并没有发生变化。另外还有小面积图斑遗漏误差。用 ArcGIS 对面积进行统计得出验证图斑总面积为 192 935 m<sup>2</sup> 中正确监测的图斑面积为 178 164 m<sup>2</sup>,面积精度为 92.34%。因此,本文监测分类的精度较高,土地类型判别结果可满足实际需要。

表 4 误差矩阵及精度统计

类型	实际情况					
	有林地	其它林地	农地	草地	水域	合计
有林地	91	11	0	1	0	103
其它林地	5	68	2	2	0	77
农地	0	1	24	5	0	30
草地	0	0	2	4	0	6
水域	0	0	0	0	3	3
合计	96	81	28	11	3	219

4 结 论

(1)通过多期遥感影像进行图像分割,可以检测出土地利用类型发生变化的敏感区域,能够反映出

15 a 间森林资源在数量和分布上的变化。结合 GIS 空间分析,能有效地监测各种土地利用类型的变化及趋势,极大地减少了外业调查的强度和工作量,提高了工作效率,节约了调查经费。

(2) 通过将实际验证数据和遥感监测分类结果的对比,图斑正确率为 86.8%,解译的森林面积精度达到 92.3%。因此,本研究结果可靠,可为大面积森林资源动态监测提供方法支持。

(3) 研究区在 1990—2005 年有林地面积增加,而草地和农地面积减少;其中有林地面积在 2000—2005 年增加尤为显著,说明从 1999 年以来实施退耕还林和天然林保护工程取得了显著成效,森林资源呈现出稳定增长的总趋势,景观斑块布局处于优化过程中。

#### 参考文献:

- [1] Qiao Y, Wang Y, Tang J. Study of remote sensing monitoring of dynamic change of the Loess Plateau forest resources[J]. *Advances in Space Research*, 2004, 33: 302-306.
- [2] 陈雪峰,黄国胜,夏朝宗,等. 全球森林资源评估方法与启示[J]. *林业资源管理*, 2005, 8(4): 24-29.
- [3] 吕春花,郑粉莉,安韶山. 子午岭地区植被演替过程中土壤养分及酶活性特征研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(2): 227-232.
- [4] 唐克丽,王斌科,郑粉莉,等. 黄土高原人类活动对土壤侵蚀的影响[J]. *人民黄河*, 1994(2): 13-16.
- [5] 米登山,蒋定生,刘明信,等. 近几年子午岭森林破坏情况及其影响[J]. *水土保持通报*, 1982, 2(5): 48-49.
- [6] 秦娟,王凯博,上官周平. 子午岭林区山杨林、辽东栎林及其混交林植物多样性的变化[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2007, 35(5): 131-140.
- [7] 张希彪,上官周平. 黄土丘陵区主要林分生物量及营养元素生物循环特征[J]. *生态学报*, 2005, 5(8): 872-877.
- [8] 徐萍,徐天蜀. 森林资源动态监测技术综述[J]. *云南大学学报*, 2007, 29(S1): 251-254.
- [9] 孟京辉,陆元昌, Kleinn C, 等. 基于遥感的景观格局时空动态研究[J]. *西北林学院学报*, 2010, 25(1): 207-211.
- [10] 蒋学玮,周正立,李凯荣,等. 景观生态学原理在流域规划中的应用[J]. *西北林学院学报*, 2003, 18(2): 112-115.
- [11] 周成虎,骆剑成. 高分辨率卫星遥感影像地学计算[M]. 北京:科学出版社, 2009: 95-97.
- [12] 赵鹏祥,强建华,张会儒,等. 基于遥感的黄土高原天然林地信息提取及计算机分类研究[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2006, 34(10): 75-80.
- [13] 彭道黎,赵永泉. 基于 RS 的河北沽源县土地利用动态监测研究[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(2): 152-156.
- [14] 刘建平,赵时英. 高光谱遥感数据解译的最佳波段选择方法研究[J]. *中国科学院研究生院学报*, 1999, 16(2): 153-161.
- [15] 陆灯盛. TM 图像信息量分析及特征信息提取的研究[J]. *遥感学报*, 1991, 6(4): 267-274.
- [16] Qin Y, Peng G. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2006, 72(7): 799-811.
- [17] Ouma Y O, Josaphat S S, Tateishi R. Multiscale remote sensing data segmentation and post-segmentation change detection based on logical modeling: Theoretical exposition and experimental results for forestland cover change analysis[J]. *Computers & Geosciences*, 2008, 34: 715-737.
- [18] 常庆瑞,蒋平安,周勇,等. 遥感技术导论[M]. 北京:科学出版社, 2004: 235-241.
- [19] 赵英时. 遥感分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社, 2003: 202-207.

(上接第 45 页)

- [11] 孟宪红,吕世华,张宇,等. 使用 LANDSAT-5 TM 数据反演金塔地表温度[J]. *高原气象*, 2005, 24(5): 721-726.
- [12] 李净. 基于 Landsat-5 TM 估算地表温度[J]. *遥感技术与应用*, 2006, 21(4): 322-327.
- [13] 周纪,李京,张立新,等. 针对 MODIS 数据的地表温度反演算法检验:以黑河流域上游为例[J]. *冰川冻土*, 2009, 31(2): 239-246.
- [14] Mao K, Qin Z, Shi J, et al. A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(15): 3181-3204.
- [15] 毛克彪,覃志豪,施建成,等. 针对 MODIS 影像的劈窗算法研究[J]. *武汉大学学报:信息科学版*, 2005, 30(8): 704-707.
- [16] 阎福礼,李震,邵芸,等. 基于 NOAA/AVHRR 数据的西部植物覆盖变化监测[J]. *兰州大学学报:自然科学版*, 2003, 39(2): 90-94.
- [17] 毛克彪,覃志豪,王建明,等. 针对 MODIS 数据的大气水汽含量反演及 31 和 32 波段透过率计算[J]. *国土资源遥感*, 2005, 63(1): 26-29.
- [18] Kaufman Y J, Gao Bocai. Remote sensing of water vapor in the near IR from EOS/MODIS[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1992, 30: 871-884.