

# 雅砻江流域二滩水库周边植被变化

卢鑫<sup>1,2,3</sup>, 赵红莉<sup>2</sup>, 杨树文<sup>1,3</sup>, 蒋云钟<sup>2</sup>, 黄艳艳<sup>1,2,3</sup>

(1. 兰州交通大学 测绘与地理信息学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 3. 甘肃省地理国情监测工程实验室, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** [目的] 定量研究二滩水库蓄水以后库区周边植被的变化规律, 为水库蓄水对周围边植被生长变化的影响研究提供依据。[方法] 以遥感影像为试验数据, 基于归一化植被指数的像元分解模型对研究区 1999—2014 年每年 11 月份的植被覆盖度进行估算, 并依据土壤侵蚀强度分类分级标准对估算结果进行分级, 通过波段运算结合阈值分割对植被覆盖状况变化较为明显的区域进行检测。[结果] 自 1999—2014 年, 研究区整体植被覆盖状况逐年变好, 主要表现为高覆盖度区域面积逐年增大; 局部地区受到人类活动、土壤侵蚀、耕地以及滑坡的影响植被覆盖度降低, 约占总面积的 19.5%; 植被覆盖状况显著变好的区域约占总面积的 39.8%, 主要集中在距离水库较近的区域。[结论] 二滩水库蓄水改善了库区周边植被的生长条件, 植被覆盖状况整体逐年变好。

**关键词:** 二滩水库; NDVI; 像元二分模型; 植被覆盖度; 土壤侵蚀

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2016)03-0148-04

**中图分类号:** Q948.15

**文献参数:** 卢鑫, 赵红莉, 杨树文, 等. 雅砻江流域二滩水库周边植被变化[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 148-151. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.03.027

## Vegetation Changes Around Ertan Reservoir in Yalongjiang River

LU Xin<sup>1,2,3</sup>, ZHAO Hongli<sup>2</sup>, YANG Shuwen<sup>1,3</sup>, JIANG Yunzhong<sup>2</sup>, HUANG Yanyan<sup>1,2,3</sup>

(1. Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China;

3. Gansu Provincial Engineering Laboratory for National Geographic State Monitoring, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** [Objective] To study the changes in vegetation coverage around Ertan reservoir when it is filled with water, in order to provide the basis for assessing the impact of reservoir filling on vegetation growth surround the reservoir. [Methods] We used the dimidiate pixel model to predict the vegetation coverage of the study area in each November from 1999 to 2014 with the Landsat TM and environmental CCD images as the information sources. We then detected areas with obvious changes in vegetation cover through waveband operation and threshold segmentation. [Results] From 1999 to 2014, the vegetation cover in the study area increased year after year, and the high coverage area expanded greatly. However, the vegetation cover decreased in some areas due to human activities, soil erosion, farmland and landslide, which accounted for 19.5% of the total area; the region with obvious increase in vegetation cover accounted for about 39.8% of the total area, mainly concentrated areas near to the reservoir. [Conclusion] The Ertan reservoir had improved the growth of vegetation around, and the vegetation cover has increased year by year as a whole.

**Keywords:** Ertan reservoir; NDVI; dimidiate pixel model; vegetation coverage; soil erosion

二滩水库蓄水以后, 库区周边气候有较为明显的改善, 主要表现为夏季气温降低、冬季气温升高, 全年风速减小, 相对湿度增大, 蒸发量减少, 库区周边植被

长势逐年变好<sup>[1-2]</sup>。植被是地表植物群落的总称, 不仅有保持水土和净化空气的重要作用, 而且对局地气候的形成也有影响。水库周边植被的变化对于研究

收稿日期: 2015-07-22

修回日期: 2015-09-25

资助项目: 国家重大科技专项“高分辨率对地观测系统”水利遥感应用示范系统(一期)(08-Y30B07-9001-13/15); 国家科技支撑计划“数字流域关键技术”(2013BAB05B01); 中国博士后科学基金项目(2014M552558XB); 中国水利水电科学研究院科研专项“示范水源地来水与蓄水信息采集与分析”(514310)

第一作者: 卢鑫(1989—), 男(汉族), 甘肃省白银市人, 硕士研究生, 研究方向为遥感技术在水文水资源方面的应用。E-mail: 13311311883@163.com.

库区气候的变化、环境的变化以及有效预防水土流失对大坝造成的压力都具有重要意义<sup>[3]</sup>。

遥感具有大范围连续观测和受干扰低等特征,是现阶段用于估算区域植被变化的主要数据源。当前植被覆盖变化的遥感分析方法主要有植被指数法和像元分解法。植被指数法通过对影像中植被类型及分布特征的分析,直接用植被指数分级统计结果的变化分析区域植被的变化,但是精度相对较低。如张玮等<sup>[4]</sup>用 1981—2001 年美国 NASA Pathfinder NOAA/NDVI 数据对珠穆朗玛峰自然保护区植被变化进行了分析;Lunetta R S 等<sup>[5]</sup>运用 MODIS 卫星 NDVI 产品研究了区域植被覆盖的估算精度。像元分解法通过分析单个像元中植被信息所占的比例变化来分析区域植被覆盖的变化规律,精度较高。如李苗苗等<sup>[6]</sup>基于归一化植被指数的像元二分模型对密云水库周边植被覆盖状况进行了估算;刘森等<sup>[7]</sup>利用该方法研究了山西省植被覆盖度的动态变化。虽然已有很多区域植被变化遥感监测的研究,但是当前还没有针对雅砻江流域二滩库区周边植被变化的研究<sup>[8]</sup>。

本文拟以植被覆盖度(FVC)为衡量区域植被变化的标准,基于 NDVI 的像元二分模型定量分析库区植被覆盖状况的变化规律。并构建植被覆盖变化检测模型,结合研究区的气象数据和高分影像,重点分析水库蓄水以后库区植被变化的分布规律及其原因,以期为研究水库蓄水对周边植被的生长变化的影响提供依据。

## 1 研究区概况及数据预处理

### 1.1 研究区概况

二滩水库位于四川省西南部攀枝花市境内的雅砻江下游,在盐边县和米易县的交界处,地处东经 101°57′—101°88′,北纬 26°83′—26°93′。库区被山体包围,在沟谷区有农村分布,并有少量耕地。水库周边以原生态树林和草地为主,但局部区域土壤侵蚀严重,植被覆盖度较低,且水库东北方向有一处滑坡存在。水库最大库容  $5.80 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,最大回水长度约 140 km,研究过程中以距离水库最近的小流域为研究范围。依据距离二滩水库最近的国家气象站点的气象数据得到,自 1999 年以来研究区年降雨量逐年减少。

### 1.2 试验数据及预处理

鉴于研究区湿润多雨和四季常青的特征,为了减少云及其阴影的影响,试验过程中选择二滩水库地区每年 11 月份的 Landsat 卫星遥感影像进行试验,其

中 1999—2006 年的试验选择 Landsat-TM 影像,2008,2012,2013 这 3 a 的试验选择环境星 CCD 影像,2014 年的试验选择 Landsat-OLI 影像。

研究过程中在图像处理软件 ENVI 5.1 中进行数据预处理操作,主要包括辐射校正、几何校正、大气校正和研究区裁剪。由于个别年份的遥感影像中有少量云团遮挡,因此,试验过程还需要对这些影像做去云处理,厚云及其阴影补偿过程在 ENVI-IDL 中通过程序实现。

## 2 研究方法

植被覆盖度是指植被的叶、茎、枝在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比,其变化能够反映区域整体植被的生长趋势,是衡量一个地区生态环境状况的重要指标<sup>[9]</sup>。植被覆盖度的估算流程如图 1 所示。首先,对影像数据进行预处理操作。其次,对研究区近 10 a 来每年 11 月份的植被覆盖度进行了估算,并依据土壤侵蚀强度分级分类标准对估算结果进行分级处理。最后,结合当地气象数据和高分率遥感影像对研究区植被变化较为明显的区域进行分析。

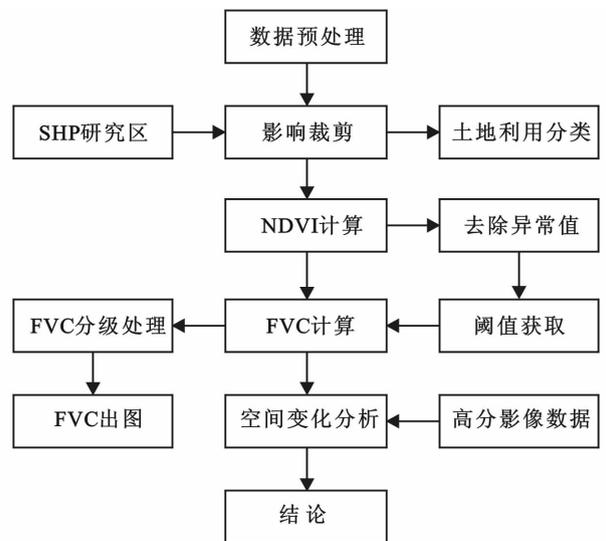


图 1 植被覆盖度的估算流程

### 2.1 植被指数

植被指数是指能够反映植物生长状况的指数,是根据植被在遥感影像上光谱特征的典型特性构建的。试验过程中,为了提高植被信息的提取精度,对各种典型植被指数进行了对比研究。分析结果表明,归一化植被指数(NDVI)作为植被生长状况及植被覆盖的最佳指示因子,是监测地区或全球植被和环境变化的最有效指标<sup>[10]</sup>。同时,结合研究区的高分辨率遥

感影像判读、分析了库区的植被类型和分布特征,最终选择了 NDVI 进行研究区植被信息提取。

## 2.2 计算模型

传感器接收的信息包括植被信息和其他地物信息,像元二分模型是典型的线性像元分解模型,其假设像元只由植被与非植被覆盖地表,光谱信息也只由这两个组分线性组成,植被信息所占的百分比即为植被覆盖度<sup>[11-14]</sup>。所以基于 NDVI 的像元二分模型可表达为:

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

式中:  $NDVI_{veg}$ ——完全由植被覆盖的像元 NDVI 值;  $NDVI_{soil}$ ——完全由裸土覆盖的像元 NDVI 值;  $FVC$ ——植被覆盖度; NDVI 代表每个像元的真实值。研究过程中采用 $[2\%, 98\%]$ 为置信区间,即像元数累计达 2% 的像元 NDVI 值作为  $NDVI_{soil}$  值,像元数累计达到 98% 的像元 NDVI 值作为  $NDVI_{veg}$  值。

## 2.3 覆盖地物分类

在运用 NDVI 的像元二分模型计算植被覆盖度的过程中,  $NDVI_{soil}$  和  $NDVI_{veg}$  这 2 个参数值的确定是影响估算精度的关键,不同植被覆盖类型的参数值亦不相同,因此,通过分类计算可以提高估算精度。

试验通过对比几种常用的监督分类方法,结合研究区土地利用特征,最终选择神经网络法对研究区进行土地覆盖分类。分类结果如图 2 所示。

## 2.4 植被覆盖度分级

植被覆盖度的分级规则很多,本文根据土壤侵蚀强度分类分级标准将植被覆盖度的计算结果分为 5 个等级,具体划分标准为:裸土区域( $0.0 \leq FVC \leq 0.1$ );

低覆盖区域( $0.1 < FVC \leq 0.3$ );中低覆盖区域( $0.3 < FVC \leq 0.5$ );中覆盖区域( $0.5 < FVC \leq 0.7$ );高覆盖区域( $0.7 < FVC \leq 1.0$ )。以时间跨度最大的 1999 年 11 月 23 日和 2014 年 11 月 24 日为例,2 a 植被覆盖度的分级结果如附图 6 所示。

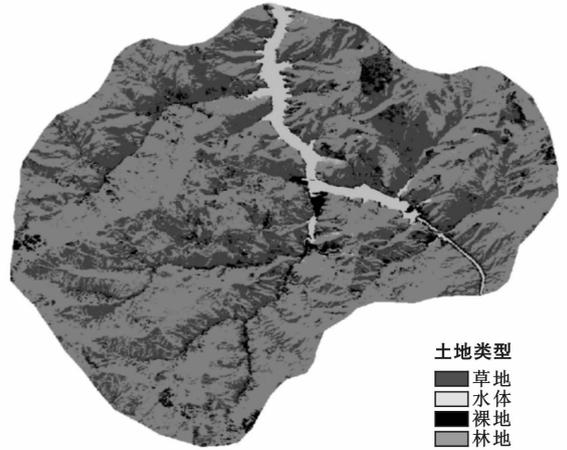


图 2 二滩水库周边土地类型

## 3 结果与分析

### 3.1 试验结果

运用 NDVI 像元二分模型估算二滩水库库区周边区域 1999—2014 年每年 11 月份的植被覆盖度, (其中 2001, 2003, 2005, 2007, 2010, 2011 年这 6 a 缺少试验数据) 并对计算结果作分级处理。统计结果以每年各级植被覆盖度占整个研究区的百分比来表示, 详细试验结果见表 1。

表 1 1999—2014 年植被覆盖度计算结果

| 覆盖情况  | 1999 年 | 2000 年 | 2002 年 | 2004 年 | 2006 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 水体    | 3.065  | 3.138  | 3.072  | 3.230  | 3.113  | 3.178  | 3.034  | 3.229  | 3.251  | 3.205  |
| 裸土    | 4.321  | 3.384  | 3.633  | 3.246  | 3.427  | 3.329  | 3.857  | 3.936  | 3.335  | 3.493  |
| 低覆盖度  | 7.981  | 6.008  | 6.632  | 4.759  | 5.078  | 5.850  | 6.256  | 7.028  | 5.529  | 5.880  |
| 中低覆盖度 | 16.846 | 15.759 | 16.780 | 12.744 | 12.841 | 14.363 | 13.714 | 12.308 | 13.107 | 12.006 |
| 中覆盖度  | 26.618 | 31.504 | 31.966 | 27.394 | 30.008 | 24.856 | 26.986 | 24.416 | 28.357 | 23.611 |
| 高覆盖度  | 41.168 | 40.206 | 37.916 | 48.626 | 45.532 | 48.155 | 46.083 | 49.083 | 46.423 | 51.715 |

### 3.2 植被变化分析

统计分析二滩水库周边区域 1999—2014 年各个等级的植被覆盖度变化趋势,结果如图 3 所示。

结果表明:二滩水库周边区域整体植被覆盖状况逐年变好,主要表现为高覆盖度所占面积逐年增加,其他各组份所占面积逐年减少。个别年份出现反弹,如 2002 年,高覆盖度所占面积反常减少,根据对二滩地区气象数据的调查发现,2000—2002 年该区域降

水连年减少导致库区高覆盖度所占面积减少,且水库蓄水对周边气候的影响是一个缓慢的过程。

为了得到库区周边植被覆盖变化较为明显的区域位置和原因,研究过程中,选择时间跨度最大的两年(2014 年 11 月 24 日和 1999 年 11 月 23 日)的影像进行 FVC 计算,并对运算结果作减运算处理,小于零的区域表明植被覆盖降低,大于零的区域表明植被覆盖增加,等于零的区域表明植被覆盖基本不变。

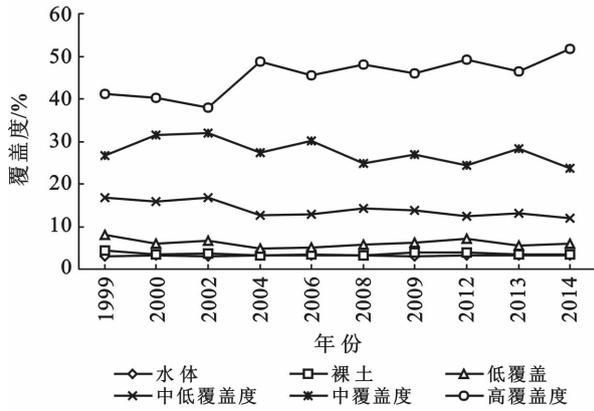


图 3 库区周边植被覆盖度的变化趋势

由于试验过程存在误差,以 0 作为界值并不合理,需要重新设置阈值。经多次试验,得到以 0.2 作为阈值较为合理。设 0.2 变化之内的区域植被覆盖状况基本不变,0.2 变化之外的区域植被覆盖度等级发生变化,植被覆盖变化较大。对应将计算结果分为 5 个区间,具体划分规则为:

- (1)  $-1 < b_1 - b_2 < -0.3$ , 植被受到严重破坏。
- (2)  $-0.3 \leq b_1 - b_2 < -0.1$ , 植被略微退化。

(3)  $-0.1 \leq b_1 - b_2 \leq 0.1$ , 植被覆盖状况基本保持稳定。

(4)  $0.1 < b_1 - b_2 \leq 0.3$ , 植被覆盖度升高。

(5)  $0.3 < b_1 - b_2 \leq 1$ , 植被显著变好。

其中:  $b_1 - b_2$  为 2 个年份植被覆盖度相减,  $b_1$  为 2014 年 11 月研究区植被覆盖度计算结果,  $b_2$  为 1999 年 11 月研究区植被覆盖度计算结果。在 ENVI-5.1 中对计算结果配色处理,得到库区植被覆盖状况变化趋势图,同时匹配对应区域的高分影像,如附图 7 所示。

统计研究区植被覆盖变化检测结果见表 2。得到植被覆盖状况明显变好的区域约占总面积的 39.8%,主要集中在距离水库较近的区域,大坝西南方向沟谷地区变好趋势最为明显;植被覆盖趋于稳定的区域约占总面积的 37.2%,主要分布在原始林区;植被受到严重破坏的区域约占总面积的 7.2%,占地面积约为 36.7 km<sup>2</sup>,主要分布在人类活动频繁、土壤侵蚀严重、滑坡及耕地存在的沟谷地区;植被轻微退化的区域大约占总面积的 12.3%,主要分布在土壤侵蚀较为严重的区域。

表 2 植被覆盖变化统计结果

| 变化类型 | 草地区域               |       | 林地区域               |       | 其他区域               |       |
|------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|      | 面积/km <sup>2</sup> | 百分比/% | 面积/km <sup>2</sup> | 百分比/% | 面积/km <sup>2</sup> | 百分比/% |
| 植被退化 | 15.08              | 2.96  | 32.65              | 6.40  | 3.85               | 0.75  |
| 基本不变 | 78.59              | 15.41 | 221.96             | 43.52 | 52.57              | 10.31 |
| 明显变好 | 42.65              | 8.36  | 35.48              | 6.96  | 9.59               | 1.88  |

## 4 结论

二滩水库蓄水以后,库区周边植被覆盖状况逐年变好,但期间受降雨、人类活动和土壤类型等因素会出现局部反弹,距离水库越近的区域植被变好趋势越为明显,水库西南方向变好趋势最为显著。水库蓄水可以改善库区局地气候,而植被的生长变化依赖于各种气候因子的综合影响。二滩水库蓄水以后库区气候朝着有利于人类生存的方向发展,周边植被的自然生长加快,证明水库蓄水有助于库区小范围内环境的改善。

本文以植被指数为变量,像元为计算单位,通过分析像元中植被信息所占比例的变化,定量研究了二滩水库周边整体植被覆盖状况的变化规律。该方法操作简单且不依赖于大量实测数据,可用于大范围植被覆盖的动态变化研究。但是,由于不同植被类型在不同季节的光谱特征并不相同,估算得到的植被覆盖度亦差别较大,且遥感影像易受天气因素的影响,很

难完整获取。因此,要更准确的监测区域植被覆盖的变化规律,还需要拓展数据源,搜集大量实测数据,以提高估算精度。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 陈永琼,李卓楠,杜成勋,等. 二滩水电站水库对局地气候影响分析[J]. 攀枝花科技与信息, 2010, 35(3): 49-53.
- [2] 陈国春. 雅砻江二滩水电站水库对局地气候影响分析[J]. 四川水力发电, 2007, 26(2): 77-80.
- [3] 陈吉龙. 重庆市三峡库区植被覆盖度的遥感估算及动态变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [4] 张玮,张懿铨,王兆锋,等. 珠穆朗玛峰自然保护区植被变化分析[J]. 地理科学进展, 2006, 25(3): 12-21.
- [5] Lunetta R S, Knight J F, Ediriwickrema J, et al. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data[J]. Remote sensing of environment, 2006, 105(2): 142-154.
- [6] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,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.

耕作制度不合理等是内因,促进了土壤盐渍化的发生发展,而人类进行的大规模的土地开发利用以及不合理的灌溉模式,是土壤盐渍化发生演变的外因。

本文充分利用 RS 和 GIS 手段,提高了土壤盐渍化信息提取以及分析的效率和准确性,为今后制定土壤盐渍化的改良措施,实现土地资源的可持续利用提供保障。但在目视解译的过程中,受传感器空间分辨率、光谱分辨率等的制约,会不可避免的影响分类结果。因此提高遥感影像的分辨率,改进图像处理手段,可为盐渍化遥感监测研究理论和实践的进一步深入提供保障。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵芸晨,秦嘉海. 几种牧草对河西走廊盐渍化土壤改土培肥的效应研究[J]. 草业学报,2006,14(6):63-66.
- [2] 翁永玲,宫鹏. 土壤盐渍化遥感应用研究进展[J]. 地理科学,2006,6(3):369-375.
- [3] 张小由,龚家栋,周茂先. 额济纳三角洲土壤盐分特征分析[J]. 中国沙漠,2004,24(4):442-447.
- [4] 王玉刚,肖笃宁,李彦. 三工河流域中上游绿洲土壤盐化的时空动态[J]. 中国沙漠,2008,28(3):478-484.
- [5] 张树文,杨久春,李颖,等. 1950s 中期以来东北地区盐碱地时空变化及成因分析[J]. 自然资源学报,2010,25(3):435-442.
- [6] 任加国,郑西来,许模,等. 新疆叶尔羌河流域土壤盐渍化特征研究[J]. 土壤,2006,37(6):635-639.
- [7] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望[J]. 土壤学报,2008,45(5):837-845.
- [8] 杨发相. 新疆玛纳斯河流域的土地利用与退化问题[J]. 新疆环境保护,2002,24(1):8-12.
- [9] 吕真真,刘广明,杨劲松. 新疆玛纳斯河流域土壤盐分特征研究[J]. 土壤学报,2013,50(2):289-295.
- [10] 李娜,吴玲,杨劲松,等. 玛纳斯河流域土壤盐渍化现状及其与光谱关系研究[J]. 江西农业大学学报,2011,36(6):1242-1247.
- [11] 李宏,于宏伟. 对新疆塔里木河流域土壤盐渍化进行专题信息提取的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息,2007,30(4):65-70.
- [12] 樊自立,马英杰. 中国西部地区的盐渍土及其改良利用[J]. 干旱区研究,2001,18(3):1-6.
- [13] 冯异星,罗格平,周德成,等. 近 50 a 土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响:以新疆玛纳斯河流域为例[J]. 生态学报,2010,30(16):4295-4305.
- [14] 乔木,田长彦,王新平. 新疆灌区土壤盐渍化及改良治理模式[M]. 乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2008:119.
- [15] 李义玲,乔木,杨小林,等. 干旱区典型流域近 30 a 土地利用/土地覆被变化的分形特征分析:以玛纳斯河流域为例[J]. 干旱区地理,2008,31(1):75-81.
- [16] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程[J]. 地理学报,2003,58(1):63-72.
- [17] 闫正龙,王晓国,高凡,等. 塔里木河干流上游地区土壤盐渍化时空变化监测分析[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(10):105-110.
- [18] 卢磊,乔木,周生斌,等. 新疆渭干河流域土壤盐渍化及其驱动力分析[J]. 现代农业研究,2011,32(3):357-361.
- [19] 封玲. 玛纳斯河流域盐渍化土地的发生发展及其生态重建[J]. 中国农史,2009(3):94-99.
- [20] 赖宁,李新国,阿斯耶姆·图尔迪,等. 开都河流域下游绿洲土壤盐渍化时空变化及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(12):66-73.
- [21] 樊自立,叶茂,徐海量,等. 新疆玛纳斯河流域生态经济功能区划研究[J]. 干旱区地理,2010,33(4):493-501.

(上接第 151 页)

- [7] 刘森,秦大庸,刘家宏,等. 基于 NDVI 的山西省植被覆盖度变化研究[J]. 人民黄河,2009(5):17-18.
- [8] 程红芳,章文波,陈锋. 植被覆盖度遥感估算方法研究进展[J]. 国土资源遥感,2008,1(1):16-21.
- [9] 廖春华,张显峰,孙权,等. 基于 HJ-1 高光谱数据的植被覆盖度估测方法研究[J]. 遥感信息,2011(5):13.
- [10] 武正丽,贾文雄,刘亚荣,等. 近 10 a 来祁连山植被覆盖变化研究[J]. 干旱区研究,2014,31(1):80-87.
- [11] 唐志光,马金辉,李成六,等. 三江源自然保护区植被覆盖度遥感估算[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2010,46(2):11-16.
- [12] 刘广峰,吴波,范文义,等. 基于像元二分模型的沙漠化地区植被覆盖度提取:以毛乌素沙地为例[J]. 水土保持研究,2007,14(2):268-271.
- [13] Chen Qiao, Chen Yongfu. A study on estimation of vegetation fraction by using QuickBird imagery[J]. Forest Research, 2004,18(4):375-380.
- [14] Ma Junhai, Liu Dandan. On the application of Dimidiate Pixel Model to inversion of vegetation coverage in Land-use investigation[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2006(4):7.