

基于 RS 与像元二分模型的近 20 a 宁夏植被覆盖研究

候 静¹, 杜灵通¹, 马 菁², 张学俭^{1,2}

(1. 宁夏大学 西北土地退化与生态恢复省部共建国家重点实验室培育基地/西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室/西部生态与生物资源开发联合研究中心, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏农林科学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: [目的] 探讨近 20 a 宁夏植被变化特征及其对气候的响应情况, 为了解区域生态变化态势, 评估生态工程成效提供理论基础和科学依据。[方法] 利用 1992, 2000, 2006 和 2012 年的 TM 数据, 基于植被指数估算植被覆盖度的原理, 运用像元二分模型, 对宁夏植被覆盖度进行遥感估算和动态监测。[结果] 宁夏植被覆盖呈现南北好, 中部差的空间分布特点; 近 20 a 来宁夏的植被覆盖度表现出明显的增加趋势, 即低植被覆盖区的面积在逐渐减少, 中、高植被覆盖区的面积增加了 6 434 km², 全区平均植被覆盖度提高 6%, 其中扬黄灌区及南部山区植被覆盖增加幅度较大。[结论] 宁夏植被覆盖度的增加主要得益于近年来实施的一系列植被保护和生态恢复工程, 而降水量的变化则是引起植被覆盖度年际波动的主要因素。

关键词: 遥感; 植被覆盖度; 像元二分模型; 宁夏

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2015)05-0127-06

中图分类号: Q149, P94

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.089

A Study on Vegetation Coverage in Ningxia Hui Autonomous Region During Past 20 Years Based on Remote Sensing and Dimidiate Pixel Model

HOU Jing, DU Lingtong, MA Jing, ZHANG Xuejian

(1. Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation

and Ecological Restoration in Northwest China/Key Lab of Restoration and

Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwest China of Ministry of Education/ Union

Research Center for Ecology and Exploitation of Biological Resources in Western China,

Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 2. Institute of Agricultural Science and

Technology Information, Ningxia Agriculture and Forestry Academy, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study is to investigate the dynamic change of vegetation coverage and its response to climate change during the past 20 years in Ningxia Hui Autonomous Region in order to provide theoretical foundation and scientific basis for understanding the regional ecological change trend and evaluating of ecological engineering. [Methods] Remote sensing data used in the study was Landsat TM in 1992, 2000, 2006 and 2012. Based on dimidiate pixel model, different vegetation indices for estimating vegetation coverage was calculated, and the dynamic changes of vegetation coverage were monitored. [Results] High vegetation cover was found in the northern and southern parts of Ningxia Hui Autonomous Region, in contrast, the lowest vegetation cover was found in the middle part the region. Vegetation cover increased significantly during past 20 years, with the low vegetation cover area decreased gradually while the middle- and high-vegetation cover area increased about 6 434 km². The average vegetation cover in the whole region increased by 6%. In particular, vegetation cover in the Yellow River irrigation area of Northern Ningxia and mountainous area of Southern Ningxia increased by a large margin. [Conclusion] The vegetation increase in the study area is benefit from the implementation of a series of vegetation protection and ecological restoration projects in recent years. The annual change in vegetation coverage is mainly caused by the variation of precipitation.

Keywords: remote sensing; vegetation fraction; dimidiate pixel model; Ningxia Hui Autonomous Region

收稿日期: 2014-08-29

修回日期: 2014-12-02

资助项目: 国家自然科学基金项目“干旱半干旱地区农业干旱时空信息演化规律及其对气候变化的响应研究: 以宁夏为例”(41201438); 宁夏自然科学基金项目(NZ14206); 宁夏高等学校科学研究重点项目(NGY2014001); 宁夏大学研究生创新项目(GIP2015041)

第一作者: 候静(1989—), 女(汉族), 山西省太原市人, 硕士研究生, 主要从事 3S 技术及其应用。E-mail: weinigod1989@163.com。

通信作者: 张学俭(1965—), 男(汉族), 宁夏回族自治区盐池县人, 硕士, 研究员, 从事 3 S 技术及其应用等研究。E-mail: nxjohn@163.com。

植被覆盖度是指单位面积内植被地上部分的垂直投影面积所占的百分比值。它是衡量地表植被状况的一个重要指标,直接影响着地表温度,土壤湿度,地表能量与水循环等生态因子^[1]。传统测量植被覆盖度的方法有目估法^[2]、样方法^[3]、仪器法等^[4],这些方法由于存在主观性强、成本高和操作不便等限制,因此难以大范围提取植被覆盖度。遥感技术以其多平台、多波段、短周期、大范围等特点,已被广泛的运用于环境评估、资源开发、生态监测等诸多领域,为实时、连续、大范围的监测植被覆盖度提供了技术支撑^[5]。常用于遥感监测植被覆盖度的植被指数有 NDVI, PVI, SAVI, RVI, VCI 等,其中植被归一化指数 NDVI(normalized difference vegetation index)由于检测灵敏度高,范围较宽,可消除地形、阴影干扰和削弱太阳高度角及大气带来的噪音等,常被用来反映植物生长状况和空间分布密度等^[6-7]。像元二分模型是一种简单的线性像元分解模型,它通过分解像元信息建立模型,估算植被覆盖度^[8]。Qi J 等^[9]运用此模型研究了美国 SanPedro 盆地地区的植被时空动态变化。李苗苗等^[8]对模型进行改进,估算了密云水库上游的植被覆盖度。

宁夏回族自治区位于中国从半湿润向半干旱干旱区的过渡地带,从农业生产向畜牧业生产的过渡地带,该区自然条件和资源具有多样性、苛刻性和脆弱性^[10-11]的特点,因此,该区的植被变化情况已成为诸多学者研究的热点^[12-16]。杜灵通等^[12]借助 SPOT-1 VGT 1 km NDVI 数据探讨了宁夏植被覆盖动态变化与气候因子的关系;陈晓光等^[13]利用 GIMMS 8 km NDVI 反演了宁夏近 20 a 的植被覆盖度;范锦龙等^[14]采用 PATHFINDER 8 km NDVI 数据对该区植被覆盖进行了时序分析。而这些研究大多采用低空间分辨率遥感产品。运用像元二分模型与植被指数结合,对宁夏地区植被覆盖进行反演的研究尚不多见。鉴于此,笔者借助空间分辨率为 30 m 的 Landsat 5 TM 影像,根据植被指数估算植被覆盖度原理,运用改进的像元二分模型分解像元信息,计算植被覆盖地表与无植被覆盖地表分别对像元的贡献,并利用研究区土地利用类型确立阈值,估算了宁夏 1992, 2000, 2006 和 2010 年的植被覆盖度。本研究结合宁夏三大自然区地理特征,对 4 期植被覆盖度数据进行对比分析,动态监测近 20 a 宁夏植被覆盖度变化,旨在为把握区域生态变化态势、评估生态工程成效提供理论基础和科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

宁夏回族自治区位于东经 104°17′—107°39′,北

纬 35°14′—39°23′,西侧、北侧至东侧由腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和毛乌素沙地相围,南与黄土高原相连。属于典型的温带大陆性气候,年均温 7℃,有效积温 3 300℃,无霜期 150 d,年降水量 183~677 mm,降水主要集中于 7—8 月,年蒸发量 1 214~2 803 mm。全区总面积 5.18×10⁴ km²,海拔 1 090~2 900 m,南北狭长,地势南高北低,西部高差较大,东部起伏较缓。土壤类型以灰钙土、灌淤土、草甸土为主。依据不同的自然地理条件可将全区划分为引黄灌区、中部干旱带及南部山区^[12]。引黄灌区主要集中在北部的银川平原,是宁夏最为富饶的农业种植区。宁夏中部多为丘陵山地和山间盆地,地表景观以荒漠草原为主。南部山区属于黄土高原的一部分,特别是六盘山地区,海拔较高气候湿润,植被丰富。

1.2 数据准备

根据研究的空间尺度和时间尺度,选取 1992, 2000, 2006 和 2010 年的 Landsat 5 TM 影像,空间分辨率 30 m,由于研究区范围较大,需四景影像拼接,轨道号与获取时间如表 1 所示。TM 数据具有较高的空间分辨率,但时间分辨率较低,而研究区不处于同一轨道,受云雨天气等因素影响,难以获取同一天宁夏全境的影像。为减少因时间差异造成的影响,研究选取植物生长季数据,并在影像拼接过程中重叠区均采用时序相近的条带号(PATH)129 的影像数据覆盖。

表 1 Landsat 5 TM 影像的轨道号及其获取时间

轨道 PATH/ ROW 号	获取时间			
	1992 年	2000 年	2006 年	2010 年
129/33	8 月 16 日	8 月 22 日	8 月 7 日	7 月 1 日
129/34	8 月 16 日	8 月 22 日	8 月 7 日	7 月 17 日
129/35	8 月 16 日	8 月 22 日	8 月 7 日	7 月 17 日
130/34	6 月 4 日	9 月 14 日	9 月 15 日	9 月 10 日

为消除太阳高度角、大气散射和地形阴影等噪声的影响,还原影像真实的光谱信息,首先对影像进行辐射定标,即通过影像灰度值(digital number, DN)值来计算辐射强度, Landsat 5 TM 定标计算公式为^[17]:

$$L_{\lambda} = \text{gain} \times Q_{\lambda} + \text{offset} \quad (1)$$

式中: λ ——波段值; L_{λ} ——遥感器所接收到的辐射强度; Q_{λ} ——以 DN 表示的经过量化标定的像元值; gain——卫星的增益系数; offset——偏移系数。在 ENVI 5.0 环境下进行定标时,软件可以自动从头文件中读取增益和偏移系数。

定标之后采用 FLAASH 大气校正,设置研究方法成像中心点经纬度、传感器高度、成像区域平均高度、成像时间设置,大气模型 MLS,气溶胶模型 Rural,气溶胶反演方法 2 Band(K-T),初始能见度 40 km。将计算结果镶嵌,依研究区矢量数据进行裁剪。

将宁夏第二次土地利用普查结果与 1:10 万土地利用类型矢量数据^[18]生成掩膜文件,数据来源于“寒区旱区科学数据中心”(http://westdc.westgis.ac.cn)。依照国家土地利用类型现状分类,保留水体、林地、耕地、城镇、草地、未利用地将比例较少的利用类型合并。并由中国气象数据共享平台获取当年研究区 10 个气象站的年际降水量数据。

1.3 研究方法

归一化植被指数 (NDVI) 是由传感器所接收的地物光谱信息推算得到的反映地表植被状况的定量值^[8],如式(2):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (2)$$

式中:R——第 3 波段红波段(0.63~0.69 μm); NIR——Landsat 第 4 波段近红外波段(0.76~0.90 μm)。

像元二分模型假设像元由植被覆盖地表和无植被覆盖地表两部分组成,这两个组分对像元信息都有贡献。像元的光谱信息即由这两部分的面积比例加权线性组合而成。即:

$$S = F_c \cdot S_{veg} + (1 - F_c) S_{soil} \quad (3)$$

将公式(3)变换,则植被覆盖度 F_c 可表示为:

$$F_c = (S - S_{soil}) / (S_{veg} - S_{soil}) \quad (4)$$

将植被归一化指数 NDVI,代入公式(4),计算植被覆盖度 F_c :

$$F_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (5)$$

式中:NDVI_{soil}——完全是裸土或无植被覆盖区域的

NDVI 值; NDVI_{veg}——完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值,即纯植被像元的 NDVI 值。受众多因素影响,NDVI_{soil} 并不是理论上的零值,而在 -0.1~0.2 之间变化^[19-20],NDVI_{veg} 随植被类型的差异而变化,因此 NDVI_{veg} 与 NDVI_{soil} 的取值并不固定。实际运用中,相同的土地利用类型植被类型相似,为此,研究借助各土地利用类型掩膜数据来确定 NDVI_{soil}, NDVI_{veg} 的阈值。在缺少实测数据的情况下,将 $F_{c_{max}}$ 近似取 100%, $F_{c_{min}}$ 近似取 0%,则:

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

为了消除噪声对影像准确性的影响,在计算最大值与最小值时设置置信区间,将像元累计直方图拐点作为置信区间的端点。经比较分析,选取 NDVI 累计频率 2%,98% 的值作为 NDVI_{soil}, NDVI_{veg} 的参数值代入公式(5)计算植被覆盖度。

依据各区矢量文件分别统计 3 大自然区及全区的植被覆盖度,结合当年降水数据建立变量间 Pearson 相关系数。并对 1992 和 2010 年的植被覆盖情况进行专题变化监测,更直观的反映这 20 a 间研究区植被覆盖变化情况。

2 结果与分析

2.1 植被覆盖变化特征及其与降水的关系

根据植被指数估算植被覆盖度原理,选取 1992, 2000, 2006 和 2010 年的 TM 影像,利用像元二分模型,计算出宁夏当年的植被覆盖度,剔除无植被覆盖的水体和异常值,对影像进行密度分割(图 1)。参考前人对干旱区植被覆盖度的划分标准^[14],将植被覆盖度划分为 3 类,即:0%~30% 为低覆盖,30%~60% 为中覆盖,60%~100% 为高覆盖,据此统计 4 a 不同植被覆盖度的变化,结果如图 2 所示。

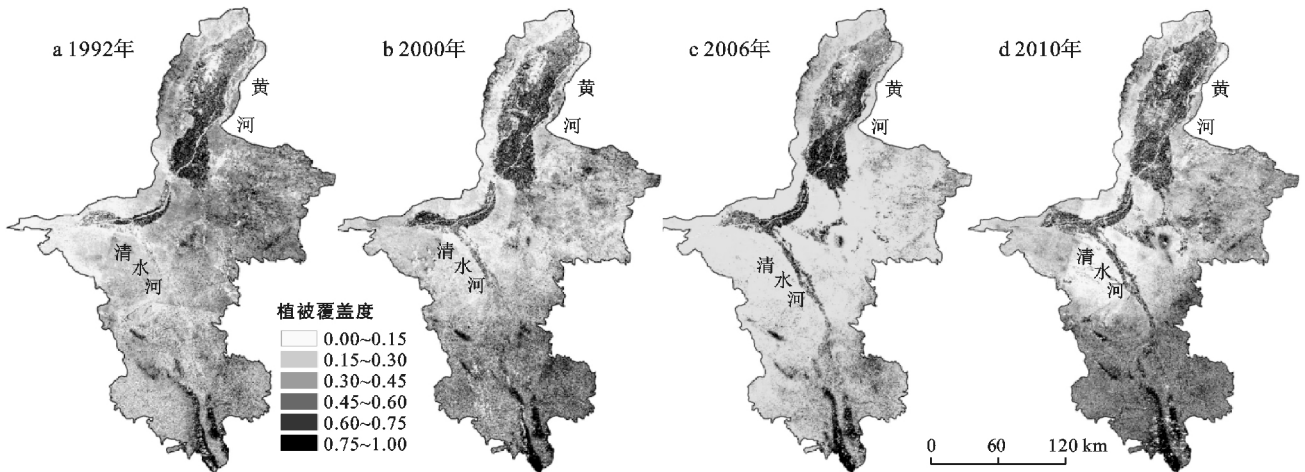


图 1 宁夏 1992, 2000, 2006 和 2010 年植被覆盖度分级

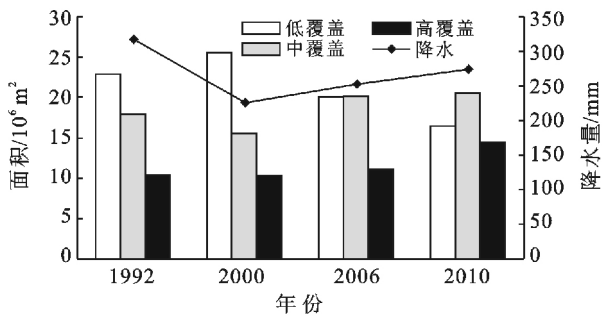


图 2 各等级植被覆盖区面积及年均降水量统计

就空间分布来看,研究区高植被覆盖地区主要分布于南北两侧,中部地区植被覆盖程度较低。北部的银川平原虽气候干旱,但受黄河灌溉之利,成为了宁夏最为富饶的农业灌区,因此植被覆盖率高。南部的六盘山林区气候湿润,适宜林木生长,以天然次生阔叶林为主,植被覆盖程度也较高。中部地区降水稀少且无大的河流流经,植被类型以荒漠草原为主,除扬黄

灌区外,植被覆盖都较低。这与宁夏 3 区自然地理特征相一致。就时间序列而言,4 a 植被覆盖度分别 38.5%,37.2%,41.2%和 44.8%。从 1992—2010 年全区植被覆盖度提高了 6%,低覆盖区面积下降,中高覆盖区面积增加了 6 434 km²,植被整体恢复状况良好。

研究区地处内陆,气候干旱,植被的生长状况深受当年降水影响,尤其在荒漠草原与部分旱作农业区,在降水丰沛的年度,草原植被与农作物长势良好,地表植被覆盖也会增加。为此,笔者运用相关分析法来计算研究区植被覆盖度与降水的关系。目前中国气象站站点获取多为城市气象数据,城市周边植被覆盖对研究区而言代表性较低,为减少随机误差,本研究以自然区为单位,平均各区降水与植被覆盖数据,分别统计 3 大自然区的植被覆盖度与降水情况(表 2),并进行 Pearson 相关分析($n=12$)。相关分析结果通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验,相关系数为 0.58,表明研究区植被覆盖度与降水呈中度正相关。

表 2 3 大自然区植被覆盖度及降水量统计

年份	引黄灌区		中部干旱带		南部山区	
	植被覆盖度	降水量/mm	植被覆盖度	降水量/mm	植被覆盖度	降水量/mm
1992	0.404 3	211	0.360 3	313	0.420 6	528
2000	0.376 3	131	0.297 2	234	0.533 8	404
2006	0.358 2	207	0.403 1	231	0.493 8	378
2010	0.446 4	200	0.371 8	268	0.631 8	435

2.2 植被覆盖动态监测

为了能更好的把握研究区生态变化态势、评估生态工程成效,本研究对近 20 a 间宁夏植被覆盖进行了专题变化监测。参考前述的植被覆盖度划分标准,对 1992 和 2010 年的植被覆盖图做密度分割,将 2 a 植被覆盖图叠加,监测植被变化情况(图 3),并采用转移矩阵数学模型,分别统计 3 大自然区的植被覆盖变化转移矩阵,如表 3 所示。

由图 3,表 3 可知,研究区整体植被覆盖度有明显增加。从整体变化面积来看,低覆盖转向中高覆盖的区域面积超过植被退化面积。从地理区划来看,中部干旱带及南部山区的植被增加更为明显。这很大程度上是得益于该区的生态工程建设的有效实施。中部干旱带的植被变化区域主要集中于扬黄灌溉地区。1998 年,扶贫扬黄灌溉工程开始在宁夏中部地区实施,开发灌溉面积 5.30×10^4 hm²,使得该区域农业建设快速发展。其中,清水河流域一线工程建设最多,农田得到开垦,植被覆盖也相应提高,由低覆盖转向高覆盖。南部山区的植被恢复很大程度上得益于国家天然林资源保护工程的实施。2000 年,六盘山全面禁伐封育,经过十几年间封山育林、人工造林,林木

生长量进一步加快,植被覆盖度明显提升。此外,退牧还草工程、贺兰山天然林保护工程、黄河护岸林等工程的实施都对全区的植被恢复起到了重要作用,改善了宁夏生态环境的状况。

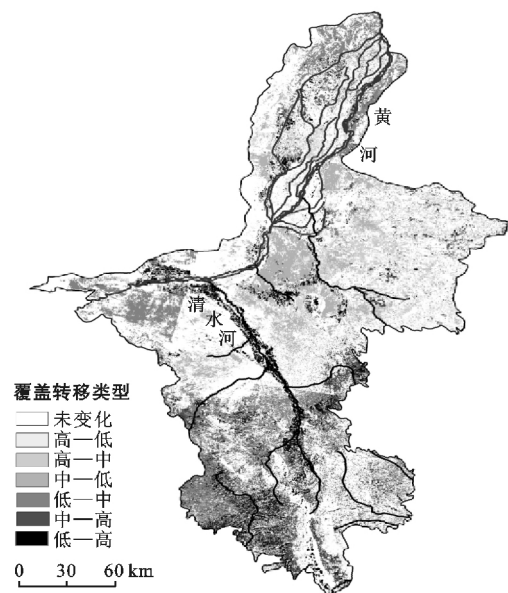


图 3 宁夏 1992 与 2010 年植被覆盖变化区域

表 3 1992 与 2010 年植被覆盖转移矩阵

km²

研究区		低覆盖	中覆盖	高覆盖	1992 年合计	转出面积
引黄灌区	低覆盖	3 368.23	2 224.66	777.04	6 369.93	3 001.7
	中覆盖	835.09	1 608.09	735.97	3 179.15	1 571.06
	高覆盖	276.84	809.02	2 575.55	3 661.41	1 085.86
	2010 年合计	4 480.16	4 641.77	4 088.56	—	—
	转入面积	1 111.93	3 033.68	1 513.01	—	—
中部干旱带	低覆盖	7 115.08	4 078.69	1 367.75	12 561.52	5 446.44
	中覆盖	3 773.18	5 144.27	1 443.27	10 360.72	5 216.45
	高覆盖	584.63	1 955.49	1 309.89	3 850.01	2 540.12
	2010 年合计	11 472.89	11 178.45	4 120.91	—	—
	转入面积	4 357.81	6 034.18	2 811.03	—	—
南部山区	低覆盖	103.81	2 741.11	1 639.55	4 484.47	4 380.66
	中覆盖	48.02	2 255.89	2 019.49	4 323.40	2 067.51
	高覆盖	72.02	210.97	2 280.07	2 563.06	282.99
	2010 年合计	223.85	5 207.97	5 939.11	—	—
	转入面积	120.04	2 952.08	3 659.04	—	—

3 结论与讨论

本文借助 30 m 空间分辨率 Landsat 5 TM 影像对宁夏近 20 a 植被覆盖度进行遥感评估与动态监测,较其他低分辨率遥感产品空间精度略高,有利于定量统计本区植被覆盖特征。通过改进的像元二分模型分解像元信息,根据研究区土地利用类型分别统计各种地类的 $NDVI_{soil}$, $NDVI_{veg}$ 取值,与一般反演植被覆盖算法相比较,其结果更为准确^[10]。研究结合宁夏 3 大自然区具体地理特征,通过对 4 期植被覆盖度数据进行对比分析,结果显示:

(1) 研究区植被覆盖存在南北好,中部差的分布特点。这种格局与该区的自然地理区划相吻合。银川平原受黄河灌溉之利,农业发达,植被覆盖率高;南部的六盘山林区气候湿润,林木茂盛;中部地区降水稀少且无大的河流流经,除扬黄灌区外,多为典型的荒漠化草原和退化干草原,植被覆盖较低,生态环境脆弱。

(2) 近 20 a 来宁夏的植被覆盖度表现出明显的增加趋势,植被整体恢复状况良好。1992,2000,2006 和 2010 年植被覆盖度分别 38.5%,37.2%,41.2% 和 44.8%,植被低覆盖区的面积逐渐减少,植被中、高覆盖区的面积增加了 6 434 km²,全区平均植被覆盖度提高 6%,其中扬黄灌区及南部山区植被覆盖增加幅度较大。

(3) 引起研究区植被覆盖度变化的原因包括人为因素和自然因素。其中,人类活动是影响植被覆盖度变化的主要原因。20 世纪宁夏全区随着人口的快速增长,农牧民过度垦殖、放牧,毁林毁草开荒严重,

造成了生态环境的极大破坏;20 世纪 90 年代以后,宁夏实施了许多生态建设工程,例如,扬黄灌溉工程,退牧还草工程,六盘山、贺兰山天然林保护工程等。这些工程的有效实施对于植被恢复起了巨大的作用,一定程度上遏制了土地荒漠化,水土流失等生态退化问题,促进了生态环境的改善。此外,气候也是影响植被覆盖度变化的重要因素,研究区属于温带干旱半干旱气候,降水不足且波动性大,降水量的多少直接制约着植被覆盖度的变化。

受其他条件限制,本文只选取了 1992,2000,2006 和 2010 年 4 个时间点,因此,对时段内部的精细变化仍需更深的研究。借助 TM 30 m 遥感影像反演植被反演结果在空间分辨率上具有较高精度,但由于影像获取周期较长,个别影像时间差异可能造成研究结果的不确定性,为此,如何结合不同时空精度的影像反演植被覆盖状况也是今后研究的一个重要方向。此外,运用像元二分模型决定 NDVI 阈值时置信区间的设置依图像大小、图像清晰度等条件不同取值亦不相同,具有一定的主观性,因此对置信区间的选择有待进一步定量分析。

[参 考 文 献]

- [1] 方精云,朴世龙,贺金生,等.近 20 a 来中国植被活动在增强[J].中国科学(C 辑),2003,33(6):554-565.
- [2] 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.
- [3] 张云霞,李晓兵,陈云浩.草地植被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.
- [4] 赵春玲,李志刚.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(S): 6-14.
- [5] 马娜, 胡云锋, 庄大方, 等. 基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J]. 地理科学, 2012, 32(2): 251-256.
- [6] 李晓松, 李增元, 高志海, 等. 基于 NDVI 与偏最小二乘回归的荒漠化地区植被覆盖度高光谱遥感估测[J]. 中国沙漠, 2011, 31(1): 162-167.
- [7] 方红亮, 田庆久. 高光谱遥感在植被监测中的研究综述[J]. 遥感技术与应用, 1998, 13(1): 62-69.
- [8] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]. 北京: 中国科学院, 2003.
- [9] Qi J, Marssett R C, Moran M S, et al. Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area[J]. Agricultural and forest Meteorology, 2000, 105(1): 55-68.
- [10] 张克斌, 王锦林, 侯瑞萍, 等. 我国农牧交错区土地退化研究[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(1): 85-90.
- [11] 张学俭, 冯锐. 近 10 a 宁夏盐池县生态景观格局动态变化研究[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2007, 27(4): 369-372.
- [12] 杜灵通, 田庆久. 宁夏植被覆盖动态变化及与气候因子的关系[J]. 中国沙漠, 2012, 32(5): 1479-1485.
- [13] 陈晓光, 李剑萍, 韩颖娟, 等. 宁夏近 20 a 来植被覆盖度及其与气温降水的关系[J]. 生态学杂志, 2007, 26(9): 1375-1383.
- [14] 范锦龙, 张晓煜. 宁夏近 18 a 植被动态变化遥感时序分析[J]. 干旱区研究, 2009, 1(1): 53-58.
- [15] 杜灵通, 李国旗. 基于 SPOT-VGT 的宁夏盐池县近 8 a 生态环境动态监测[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(5): 46-51.
- [16] 杜灵通, 田庆久. 宁夏回族自治区 NDVI 的时空变化特征研究[J]. 水土保持通报, 2011, 31(5): 208-214.
- [17] Chander G, Markham B L, Helder D L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM⁺, and EO-1 ALI sensors[J]. Remote Sensing of Environment, 2009, 113(5): 893-903.
- [18] Liu Jiyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995—2000 [J]. Science in China (Series D: Earth Sciences), 2003, 46(4): 373-384.
- [19] Rundquist B C. The influence of canopy green vegetation fraction on spectral measurements over native tall grass prairie [J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(1): 129-135.
- [20] Carlson T N, Ripley D A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 62(3): 241-252.

(上接第 126 页)

通过对项目区施工前后进行水土保持动态监测对比分析, 很直观的得出, 工程建设加剧了项目区水土流失, 施工扰动加剧了土壤侵蚀, 项目区侵蚀强度较扰动前有较大变化。为了预防和治理水土流失, 保护和合理利用水土资源, 减轻水、旱、风沙灾害, 改善生态环境, 就需要结合项目特点采取合理有效的治理措施。本文全面分析了长输管线施工前后侵蚀类型、土壤侵蚀量和侵蚀强度等前后变化特征, 为开发建设项目长输管线水土保持动态监测提供了技术支撑, 对生态环境恢复与重建具有一定的理论和实践指导意义。

[参 考 文 献]

- [1] 付良勇, 寇权, 张鉴, 等. 西气东输管道工程陕西段新增土壤流失预测[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 45-47.
- [2] 冯伟, 张兴昌, 高照良. 风力侵蚀对西气东输(甘肃段)工程影响分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 244-251.
- [3] 付良勇, 许小梅. 西气东输管道陕西段工程建设中的土壤流失及防治[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 153-155.
- [4] 游爱章, 韩凤翔, 高照良, 等. 管道工程水土保持准入条件[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(3): 108-111.
- [5] 赵永军, 姜德文, 袁普金. 线状工程建设项目的水土保持监测: 以西气东输项目为例[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 71-75.
- [6] 李永红, 高照良, 周茂玲. 西气东输工程建设(宁陕段)水土流失现状及其防治[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6778-6783.
- [7] 詹小国, 王平. 基于 RS 和 GIS 的三峡库区水土流失动态监测研究[J]. 长江科学院院报, 2001, 18(2): 41-44.
- [8] 于辉, 孟繁斌, 杨庆国. 开发建设项目新增水土流失量的预测方法研究[J]. 水电站设计, 2001, 17(4): 48-50.
- [9] 喻权刚. 新技术在开发建设项目水土保持监测中的应用[J]. 水土保持通报, 2007, 27(4): 5-9.
- [10] 黄高花, 沈冰, 张翼等. 西气东输管线(陕西西段)工程对风蚀影响的监测评价[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 34-37.