

基于遥感技术的 2005 ~ 2014 年西藏地区植被覆盖度变化分析

许宁 (中国科学院大学资源与环境学院, 北京 101407)

摘要 [目的]利用遥感技术估算西藏地区多年植被覆盖度变化情况。[方法]基于 MODIS-NDVI 数据,利用像元二分模型,估算了 2005 ~ 2014 年西藏地区生长季期间的植被覆盖度,并对其时空变化特征进行了分析;借助趋势分析法分析了 10 年间西藏地区植被覆盖度的趋势斜率;通过划分气候区,在控制气候要素不变的情况下,讨论人类活动对西藏植被覆盖度变化的影响。[结果]2005 ~ 2014 年西藏地区生长季期间平均植被覆盖度为 33.00% ~ 36.00%,整体表现为稳定的上升趋势;东南地区植被覆盖明显好于西北地区;森林、灌丛、农作物等类型植被覆盖度较高,而草原、草甸、高山植被以及荒漠等植被类型相对较低;2005 ~ 2014 年西藏地区趋势斜率总体保持稳定,植被覆盖明显减少的部分集中分布于拉萨市与林芝市的交界地带、山南地区的东南部及林芝市的中部地区,主要是人类活动影响所致。[结论]利用像元二分模型估算西藏地区多年生长季植被覆盖度是可行的。

关键词 植被覆盖度;像元二分模型;趋势变化分析;聚类分析

中图分类号 S812.29;Q948 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)19-033-05

Analysis of Changes in Vegetation Coverage in Tibet during 2005–2014 Based on Remote Sensing

XU Ning (College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101407)

Abstract [Objective] To estimate changes in vegetation coverage in Tibet over the past ten years based on remote sensing. [Method] Based on MODIS-NDVI data, the vegetation coverage during the growing season in Tibet from 2005 to 2014 was calculated by using the dimidiate pixel model, and spatial and temporal variation characteristics of the vegetation coverage were analyzed, and the changing trends of vegetation coverage in Tibet in recent ten years were also analyzed. Through the division of climate zones in Tibet, the influences of human activities on the changes of vegetation coverage in Tibet were discussed when climates factors were constant. [Result] In the growing season from 2005 to 2014, the average vegetation coverage in Tibet changed from 33.00% to 36.00%, showing an increasing trend on the whole. Vegetation coverage in the southeast of Tibet was higher than that in the northwest of Tibet. The vegetation coverage of forest, shrubs and crops was relatively higher, whereas it was relatively lower in grassland, meadow, alpine and desert. During 2005–2014, the trend slope of vegetation coverage in Tibet kept stable, and vegetation coverage decreased significantly in the border between Lhasa City and Nyingchi City, the southeast of Lhoka City, and the center of Nyingchi City, which was caused by human activities. [Conclusion] It is feasible to calculate vegetation coverage during the growing season in Tibet over the past years by using the dimidiate pixel model.

Key words Vegetation coverage; Dimidiate pixel model; Analysis of changing trend; Clustering analysis

植被覆盖度是研究地表植被生长状况的重要指标,作为描述区域水文、气象、生态系统的基础数据,准确提取植被覆盖度信息,有助于更好地监测区域自然环境状况,有效应对区域生态环境变化,及时制订生态安全防护措施^[1]。西藏地区因其独特的地理和气候条件,生态环境脆弱,大部分地区植被覆盖度较低。近年来,由于草原退化问题突出,西藏地区植被覆盖度变化研究成为生态学研究的重点。

相比传统的地面测量方法,遥感技术可以在大尺度区域快速、实时监测植被覆盖度^[2]。近年来,利用遥感技术反演地区植被覆盖度已经发展为一种成熟的技术手段。马娜等^[3]利用 HJ-1A 和 Landsat ETM+ 数据,评价了 2000 ~ 2009 年内蒙古正蓝旗植被覆盖度的变化;徐瑶等^[4]结合 RS 和 GIS 技术,分析了西藏班戈县过去 20 年草地的生态承载力;何立恒等^[5]基于 MODIS 数据探讨了延安市植被覆盖度与自然地理特征分布的关系;冯莉莉等^[6]利用遥感数据估算了 2001 ~ 2010 年吉林省植被覆盖度情况,并选取其中 4 个气象站点,分析了其降雨量与植被覆盖度的相关关系。气候因素和人类活动的差异是植被覆盖度变化的 2 个主要因素。尽管目前利用遥感技术进行植被覆盖度的反演研究很多,但是将气候要素与人类活动的影响区分开来地区植被覆盖度的变化研究较少。笔者以 MODIS 数据归一化

植被指数(NDVI)作为反演因子,基于像元二分模型,利用时间序列的遥感数据估算 2005 ~ 2014 年西藏全境每年生长季期间的植被覆盖度,以期今后生态环境预测及防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 西藏自治区位于我国西南边陲,青藏高原的主体区域,平均海拔 4 000 m 以上,面积 120 余万 km²,仅次于新疆维吾尔自治区,为我国第二大省份,民族以藏族为主。西藏地势西北高东南低,地形复杂多样。由于独特的地形、地貌及印度洋暖湿气流的影响,西藏形成了不同于其他地区的气候,藏南藏北气候差异较大,总体上呈现西北严寒干燥、东南温暖湿润的特点。西藏干季、雨季划分明显,全年降水量几乎全部集中于雨季,日平均气温低,昼夜温差大。受气候和地形因素的影响,地表植被类型由东南向西北呈带状分布格局,主要包括森林、灌丛、草原、草地、高山植被、农作物、荒漠等^[7]。

1.2 数据来源及预处理 该研究选用的 MOD13Q1 数据是植被指数的 16 d 合成数据集,来源于美国 NASA 官网(<https://ladsweb.nascom.nasa.gov>),起止时间为 2005 ~ 2014 年植被生长季期间(每年 7 ~ 9 月),文件格式为 HDF 类型,空间分辨率为 250 m,该数据包括归一化植被指数(NDVI)和增强型植被指数(EVI)。利用 MODIS Reprojection Tool(MRT)工具对下载的 MODIS 影像进行裁剪、拼接、文件格式转换和投影转换,把 HDF 格式的影像文件转换为 TIFF 文件,同时

基金项目 国家 973 基金项目(2013CB956000)。

作者简介 许宁(1991-),男,山东德州人,硕士研究生,研究方向:基于遥感的草地生态学。

收稿日期 2016-06-06

把正弦曲线地图投影系统转换成 WGS84 坐标系统。为了有效消除大气、太阳高度角及观测中几何关系等不利因素的影响,对下载的多幅影像采用最大值合成法得到生长季 NDVI 合成数据。

辅助数据包括西藏自治区的行政区划图.shp 矢量文件,数据来源于国家基础地理信息中心网站(<http://ngcc.sbsm.gov.cn>);1:100 万的西藏植被类型图,来源于国家标本资源共享平台(<http://www.nsi.org.cn/>);2005~2014 年西藏地区降水、气温数据,来源于国家卫星气象中心(<http://www.nsmc.cma.gov.cn>)。

1.3 研究方法

1.3.1 像元二分模型。像元二分模型的原理:假定 1 个遥感影像像元只包含 2 种成分,即植被成分和非植被成分(对于西藏地区而言,非植被成分可以认为是土壤),混合像元的信息就可以分解为绿色植被信息和土壤成分信息 2 部分。混合像元的 NDVI 值为植被和土壤 2 部分对应 NDVI 的加权平均和,权重分别为植被和土壤在混合像元中的面积比例,表达式为:

$$NDVI = f_{veg} \cdot NDVI_{veg} + (1 + f_{veg}) \cdot NDVI_{soil} \quad (1)$$

式中, $NDVI$ 为混合像元对应的归一化植被指数; f_{veg} 为植被覆盖度; $NDVI_{veg}$ 为像元只包含植被信息时对应的归一化植被指数; $NDVI_{soil}$ 为像元只包含土壤信息时对应的归一化植被指数。

因此,利用式(1)反推推算植被覆盖度,方法如下:

$$f_{veg} = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (2)$$

式中, $NDVI_{soil}$ 代表纯土壤像元的植被指数,其理论值应该为 0,但由于地表类型及地表粗糙度等的不同, $NDVI_{soil}$ 值一般情况下并不等于 0。 $NDVI_{veg}$ 代表纯植被像元的植被指数,理论值应该为 1,但由于植被种类及生长状况等的不同, $NDVI_{veg}$ 也会有所差异。因此, $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ 并不是一个固定不变的值,不能简单地把某幅图像像元的最大值和最小值确定为所需的 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ 的值^[8-11]。

该研究利用统计方法确定 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$, 参数选取给定置信区间上的最大值和最小值。利用 ENVI 软件中 Basic Tools 中的 Statistics 工具分别对 2005~2014 年的 NDVI 图像进行 NDVI 频率统计,以 [0.5%, 99.5%] 为置信区间,在去除水体的基础上对累计概率进行选择取值,0.5% 对应的 NDVI 为 $NDVI_{soil}$, 99.5% 对应的 NDVI 为 $NDVI_{veg}$ 。然后,利用公式(2)分别计算出 2005~2014 年西藏地区生长季期间的植被覆盖度。

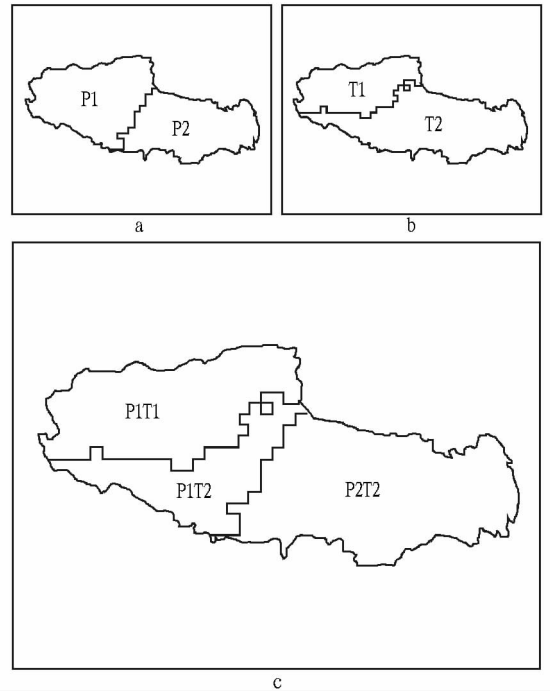
1.3.2 趋势分析法。为研究 2005~2014 年西藏地区生长季期间植被覆盖度的变化趋势,把 10 年植被覆盖度结果逐像元进行一元线性回归分析,计算公式如下:

$$slope = \frac{[n \sum_{j=1}^n j * y - (\sum_{j=1}^n j)(\sum_{j=1}^n y)]}{[n * \sum_{j=1}^n j^2 - (\sum_{j=1}^n j)^2]} \quad (3)$$

式中, n 为监测年数; y 为第 j 年对应的西藏地区植被覆盖度; $slope$ 为多年植被覆盖度线性拟合的斜率。斜率的正负反映

了 2005~2014 年西藏地区植被覆盖度的变化趋势,斜率的大小反映了 2005~2014 年西藏地区植被覆盖度的变化幅度。斜率为正,表示植被覆盖度增加;斜率为负,表示植被覆盖度减少。植被覆盖度变化幅度的大小取决于斜率的大小,随斜率绝对值的增大而增大,亦随斜率绝对值的减小而减小。

1.3.3 聚类分析划分气候区。有研究指出,影响西藏地区植被覆盖度变化的主要因素为气候和人类活动^[12-14]。笔者根据西藏地区同期的降水和气温数据,采用基于密度的聚类分析方法,将西藏地区按照降水趋势和气温趋势分别划分为 2 个区,即 P1、P2 区和 T1、T2 区;然后在 ArcGIS 10.1 中把降水分区和气温分区进行叠加,产生 3 个气候分区,分别为 P1T1、P1T2 和 P2T2(图 1)。



注:a. 根据降水趋势分区;b. 根据气温趋势分区;c. 降水和气温分区的叠加分区。

Note: a. Division of climate zones based on precipitation trend; b. Division of climate zones based on temperature trend; c. Superposition of precipitation and temperature zones.

图 1 西藏地区气候区分

Fig. 1 Division of climate zones in Tibet

在同一气候区内,2005~2014 年的气候趋势一致;不同气候区之间,2005~2014 年的气候趋势不同。因此,在相同的气候区内部,造成植被覆盖度趋势斜率变化的原因可以归结于人类活动。该研究基于上述提到的趋势分析法,在划分不同气候区的基础上,讨论人类活动对 2005~2014 年西藏地区生长季植被覆盖度趋势变化的影响。

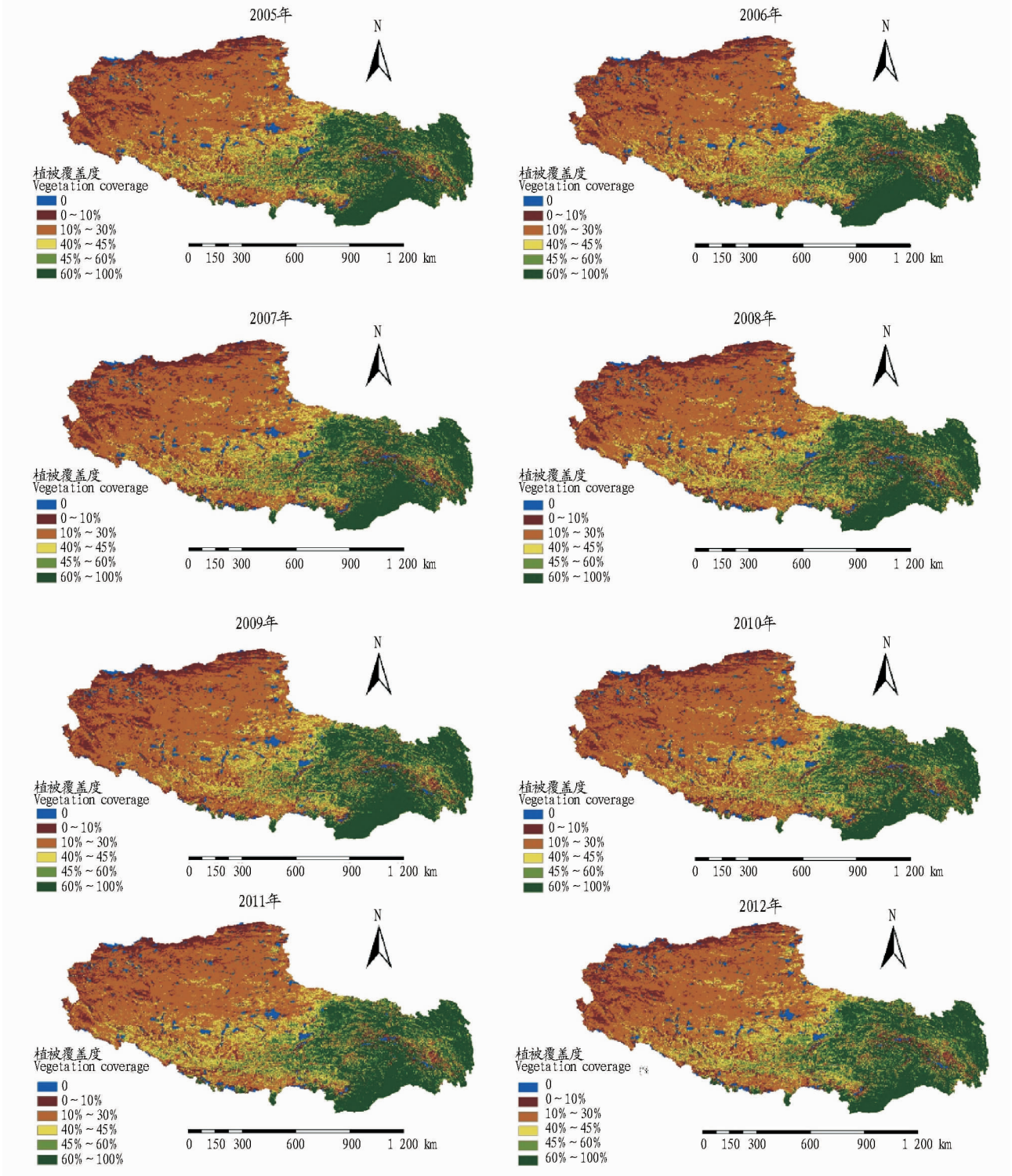
2 结果与分析

2.1 植被覆盖度估算结果 通过像元二分模型获得 2005~2014 年西藏地区生长季植被覆盖度,参照《土地利用现状调查技术规程》并结合西藏地区实际情况,将植被覆盖度分为

5 类:低植被覆盖($<10\%$),中低植被覆盖($10\% \sim 30\%$),中植被覆盖($30\% \sim 45\%$),中高植被覆盖($45\% \sim 60\%$),高植被覆盖($>60\%$)。基于决策树分类的方法对每幅图像进行不同植被覆盖度的分类统计得到图 2,其中蓝色部分(植被覆盖度为 0)为水体。从图 2 可以看出,西藏地区植被覆盖度总体偏低,不同地区差异较大。西北地区阿里、那曲、日喀则等地植被覆盖度普遍较低,年际变化小;东南地区昌都、拉萨、林芝及山南等地植被覆盖度相对较高,且年际变化大。东南地区植被覆盖明显好于西北地区,其中部分地区植被覆

盖度甚至在 60% 以上,这与其他对西藏地区植被反演的研究结果相似^[15-16]。造成西藏地区南北植被覆盖差异的主要原因是气候的不同。西藏西北地区严寒干燥多风,海拔高,空气稀薄,地表覆被类型主要为高寒草原、荒漠草原、高寒草甸等。该地区生态环境脆弱,生态系统的自我调节和修复能力极差,导致植被覆盖较低;东南温暖湿润,海拔较低,地表覆被类型以林地、耕地、牧草地为主,因此植被覆盖相对较高^[17]。

该研究绘制了 2005~2014 年西藏全境生长季平均植被覆盖度的整体变化情况,并利用一元线性回归拟合出回归直



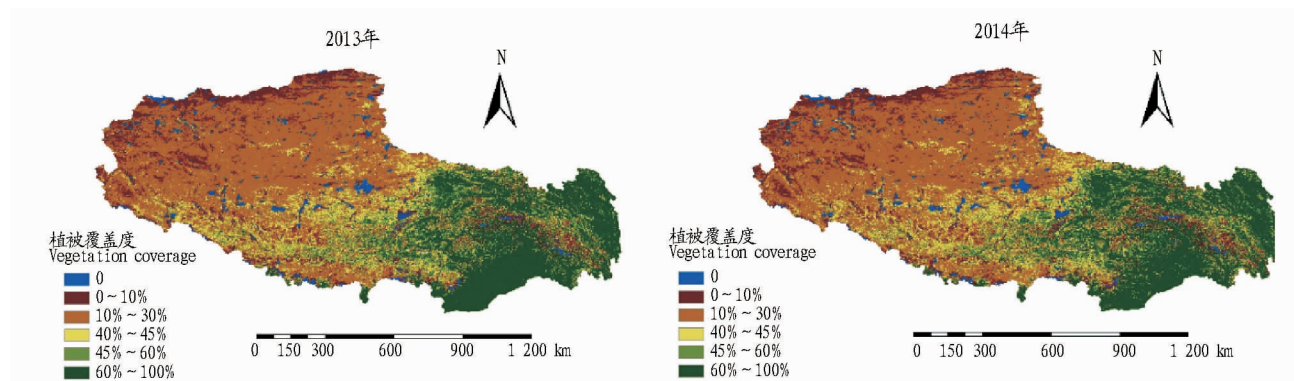


图2 2005~2014年西藏地区生长季植被覆盖度

Fig.2 Spatial distribution of vegetation coverage in Tibet from 2005 to 2014

线。从图3可以看出,西藏全境10年间平均植被覆盖度为33.00%~36.00%,呈现波动性。平均植被覆盖度最大值出现在2011年,为35.18%,最小值出现在2010年,为33.61%;2009年以前,平均植被覆盖度大体在34.00%左右,差异不大;2010年以后,平均植被覆盖度明显上升,基本保持在35.00%左右。2005~2014年西藏地区平均植被覆盖度呈现缓慢上升趋势。

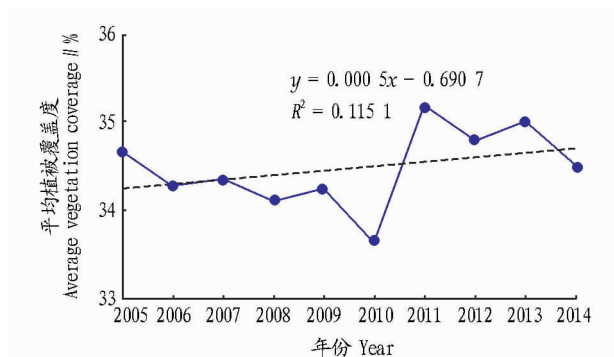


图3 2005~2014年西藏地区生长季平均植被覆盖度变化情况

Fig.3 Changes of average vegetation coverage during the growing season in Tibet from 2005 to 2014

2.2 不同植被类型植被覆盖度动态变化 根据西藏地区1:100万的植被类型图,结合西藏实际情况,将植被类型划分为森林、灌丛、草原、草甸、高山植被、农作物、荒漠及湖水8类,在去除水体的基础上,运用决策树分类分别统计2005~2014年不同植被类型生长季植被覆盖度,并绘制成折线图(图4)。

从图4可以看出,相同年份内不同植被类型植被覆盖度差异较大,植被覆盖度由大到小依次为森林、农作物、灌丛、草甸、高山植被、草原、荒漠。其中,森林植被覆盖度最高,10年来每年生长季都保持在80.00%以上,年际变化较大;农作物类型植被覆盖度紧随其后,基本保持在70.00%以上;灌丛10年间植被覆盖度也在60.00%左右;草甸植被覆盖度在45.00%左右;高山植被和草原植被覆盖度为20.00%左右;荒漠植被覆盖度最低,仅10.00%左右。森林、农作物及灌丛均集中分布于西藏东南部地区,而草原、草甸、高山植被以及荒漠大部分分布于西北地区,这也是西藏东南地区植被覆盖度明显好于西北地区的原因。

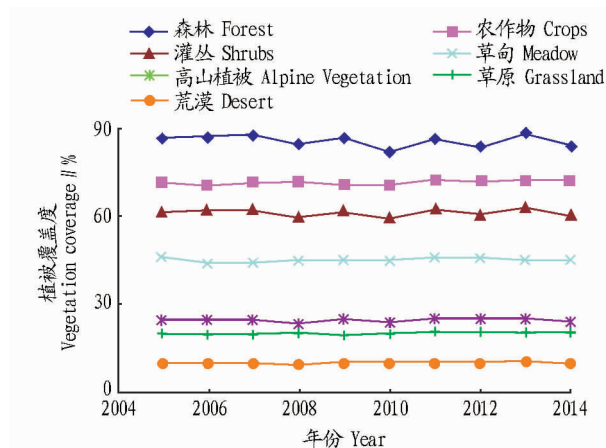


图4 2005~2014年西藏地区生长季不同植被类型植被覆盖度

Fig.4 Vegetation coverage of different vegetation types during the growing season in Tibet from 2005 to 2014

2.3 不同地区植被覆盖度动态变化 根据西藏地区行政区划图,统计不同地区植被覆盖度得到表1。由表1可知,不同地区植被覆盖度差异较大。其中,位于西北的阿里地区植被覆盖最少,10年间平均植被覆盖度只有15.32%,年际变化小;中部的那曲地区和日喀则市植被覆盖度接近,约为30.00%,年际变化也不大;而东南部的拉萨市、林芝市、昌都市以及山南地区植被覆盖度相对较高,且年际变化大。除拉萨的植被覆盖度为50.00%~53.00%以外,其余3个地市均为60.00%以上,林芝市甚至有5年生长季期间植被覆盖度达到70.00%以上。

2.4 植被覆盖度变化趋势分析 利用趋势分析法,将2005~2014年植被覆盖度结果代入趋势斜率的公式中,计算出2005~2014年西藏地区生长季植被覆盖度的趋势斜率(图5a)。西藏全境趋势斜率为-0.10~0.12,总体保持稳定。图5a中绿色越深,表示10年来植被覆盖改善越明显;红色越深,表示10年来植被覆盖减少越明显。P1T1和P1T2区植被覆盖度变化趋势相似,基本都在0以上,以明显改善和基本不变为主,其中,P1T2区明显改善面积大于P1T1区;植被覆盖度趋势斜率小于0的部分即红色区域主要分布在P2T2区,同时P2T2区也有大面积的区域趋势斜率在0以上,因此,P2T2区表现为植被覆盖改善与减少并存。

表 1 2005~2014 年西藏不同地区植被覆盖度动态变化

Table 1 Dynamic changes of vegetation coverage in different regions of Tibet from 2005 to 2014

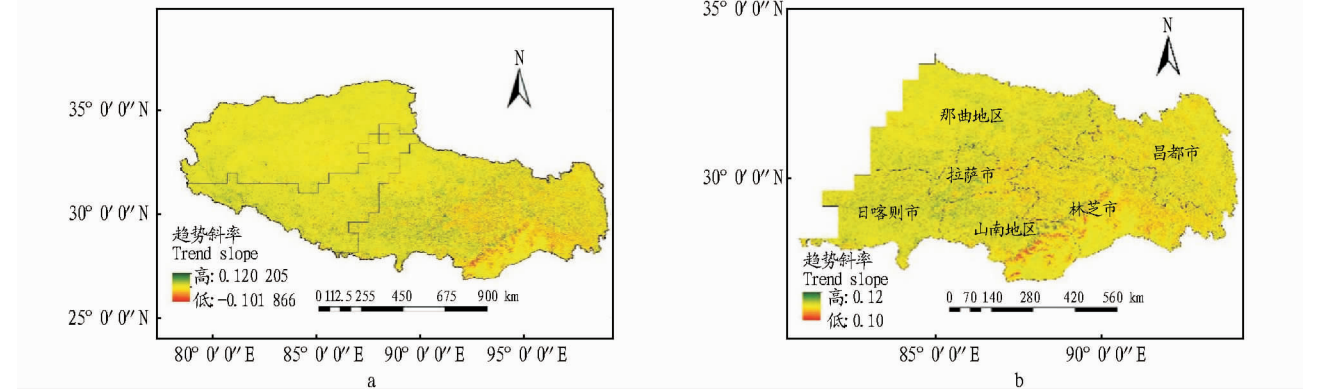
%

地区 Region	植被覆盖度 Vegetation coverage										平均 Average
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
阿里地区 Ngari Prefecture	14.82	15.13	15.36	15.73	14.08	15.02	16.17	15.36	15.63	15.89	15.32
那曲地区 Nagqu prefecture	29.48	27.95	27.78	28.53	29.68	28.95	28.97	29.89	28.19	29.34	28.88
拉萨市 Lhasa City	52.04	50.54	51.02	51.33	52.01	50.52	52.85	53.19	52.17	51.14	51.68
林芝市 Nyingchi City	69.30	70.64	70.59	65.32	70.57	63.84	70.39	66.28	71.55	66.03	68.45
昌都市 Qamdo City	62.85	62.49	62.41	61.76	62.47	63.45	62.28	63.55	62.47	61.25	62.50
日喀则市 Shigatse City	29.59	28.48	28.82	29.75	27.05	27.89	30.71	30.24	30.65	30.45	29.36
山南地区 Lhoka City	61.55	62.78	63.29	60.25	62.10	58.38	62.52	60.61	64.18	60.34	61.60

单独将 P2T2 区提取出来,并将其与西藏地区行政区划图进行叠加分析发现,虽然同处一个气候区,但趋势斜率也存在空间分布的不同(图 5b),即趋势斜率值小于 0 的部分主要位于 P2T2 区中部和东南部分地区,从行政区划来看则主要位于拉萨市与林芝市的交界地带、山南地区的东南部以及林芝市的中部地区;趋势斜率值大于 0 的部分主要位于西部的那曲地区、日喀则市以及拉萨市的西部区域。同一气候区内,降水和气温对于植被覆盖度的影响差异不大,因此认为造成 P2T2 区趋势斜率空间分布差异较大的主要因素是人类活动。将 P2T2 区趋势斜率图与西藏植被类型图进行叠加,发现趋势斜率值接近 -0.1 的区域位于雅鲁藏布江谷地,

距离农作物植被类型特别近,这也证明了东南部分地区植被覆盖度明显减少的确是人类活动造成。

林芝市、山南地区位于藏南谷地,雅鲁藏布江贯穿其中,由于受印度洋暖湿气流的影响,气候温和多雨,适宜居住;地形方面,西藏东南部地区海拔较低,地势平缓,因而属于人口聚集区。随着近年来藏南地区经济飞速发展,城镇化水平越来越高,人口规模不断扩大。在经济社会不断发展的同时,也给生态环境造成压力,尤其是植被覆盖度明显减少。因此,未来应重点加强对植被覆盖度减少明显地区的生态保护,提升西藏整体生态屏障功能。



注:a. 总体趋势斜率;b. P2T2 区趋势斜率。
Note: a. Tibet; b. P2T2 region.

图 5 总体趋势斜率与 P2T2 区趋势斜率

Fig. 5 Trend slopes of vegetation coverage in Tibet and P2T2 region

3 结论

(1)该研究基于像元二分模型,利用 MODIS - NDVI 数据反演了 2005~2014 年西藏全境生长季的植被覆盖度,并对其时空变化特征进行了分析,通过划分气候区,在控制气候要素的基础上,讨论人类活动对近 10 年西藏地区植被覆盖变化的影响,得出如下结论:2005~2014 年西藏地区生长季期间平均植被覆盖度为 33.00%~36.00%,植被覆盖度年际变化整体表现上升趋势,但上升线性趋势不明显;空间分布上,东南地区植被覆盖明显好于西北地区,其中,拉萨市、林芝市、山南地区以及昌都市生长季植被覆盖度均在 50% 以上,而阿里地区、那曲地区以及日喀则市植被覆盖度较低,造成东南地区植被覆盖度高于西北地区的主要原因取决于降水。这是由于受到印度洋暖湿气流的影响,藏南谷地相对于

藏北高原典型的大陆性气候而言,降雨量相对较多,降水量的多少直接决定着植被的长势,因而东南地区植被覆盖度明显好于西北地区;不同植被覆盖类型植被覆盖度也不同,即森林、灌丛、农作物等类型植被覆盖度较高,而草原、草甸、高山植被及荒漠等植被类型则相对较低;2005~2014 年西藏地区趋势变化总体保持稳定,植被覆盖明显减少的部分集中分布于拉萨市与林芝市的交界地带、山南地区的东南部以及林芝市的中部地区,主要是人类活动影响所致。

(2)该研究提出利用聚类分析方法通过划分气候区,将影响植被覆盖度的自然因素和人为因素分离,在控制气候要素的条件下,讨论人类活动对植被覆盖度趋势变化的影响。然而,仅选用气温和降水两个因素作为气候区的划分,而未

(下转第 52 页)

费,二是靠上市公司在证券市场集资、融资^[4]。汉江流域水务局成立以后将统一对农村和城市进行水资源调配与管理,将水量管理与水质管理相结合,制定水环境控制标准并严格执行。

3.3 加强农村环境保护立法工作 欧美发达国家很早就开始重视环境立法,如美国 1965 年的《水质量法案》、1972 年颁布的《清洁水法》,10 多年后就取得了显著成效。《联邦农药、杀真菌剂和灭鼠剂法案》是美国防止水污染中有毒有害物质的一部重要法律。1899 年颁布《垃圾法》禁止对航道排放废物,并相继颁布了《海洋倾倒法》、《海岸带管理法》、《安全饮用水法》、《油污法》等法律,基本上形成了立法体系^[5]。美国立法体系健全且目标明确,管理体制合理且操作性强。经过多年建设,我国水环境立法基本健全,但是在管理体制、制度构架和实施机制上仍有欠缺。我国可以借鉴国外先进经验,完善立法,协调部门间农村水环境管理体系,并建立一套农村门类齐全、职权分明、可操作性强的水环境保护法律。

3.4 加大对农村水环境保护的政策优惠 日本政府对农村绿色农业实施了许多优惠政策,如对其农户提供农业专业资金无息贷款;对堆肥生产设施或有机农产品贮运设施等进行建设资金补贴和税款的返还政策;对采用可持续型农业生产方式的生态农业者给予金融、税收方面^[6]的政策优惠等。水环境保护离不开政府大力支持,政府需加大对农村水环境保护的投入并设立专项基金专门用来对农村水环境进行治理;另外,还应制定优惠政策,优化投资环境,开阔投资渠道,积极引进社会资金流入农村。

3.5 集中处理与分散处理相结合 日本生活污水处理分为

集中处理和分散处理 2 种方式。集中处理是指公用下水道和农村集落排水设施,日本 1973 年开始投入大量资金进行“农村集落排水工程”建设,主要采用小型地理式污水处理装置,其体积小、成本低、操作运行简单,十分适用于农村,至 2001 年,这种方式普及率已达到 71%^[7];在偏远地区,结合当地实际情况通过净化槽、农/渔业集落污水处理设施建设进行分散处理。襄阳市也可以借鉴这种方式,结合该地区农村集落方式将集中处理与分散处理相合。

3.6 加大农村水环境保护宣传力度 农村水环境应该由村民共同维护,水环境与村民的生产、生活密切相关。我们应积极地做好宣传工作和教育工作,号召村民共同维护大家生存的水环境。宣传形式可以是多样的,可以采取地方媒体播报、发环境保护宣传小册子、开展农村环境保护“先进村”评比等形式,让村民积极投入到水环境保护中,使其树立环境保护的理念,实现襄阳市农村经济与生态的可持续发展。

参考文献

- [1] 杨继富,李久生.改善我国农村水环境的总体思路和建议[J].中国水利,2006(5):21-23,30.
- [2] 王夏晖,张惠远,王波,等.农村环境保护:国内外的经验、做法与启示[J].环境保护,2009(6):24-26.
- [3] 胡久生,邢晓燕,汪权方,等.湖北农村环境污染治理现状与对策研究[J].现代农业科技,2010(22):278-286.
- [4] 许卓,刘剑,朱光灿.国外典型水环境综合整治案例分析与启示[J].环境科技,2008(S2):71-74.
- [5] 晋海,韩雪.美国水环境保护立法及其启示[J].水利经济,2013(3):44-48,75.
- [6] 孙丽欣,丁欣,张汝飞.国外农村环保政策经验及我国农村环保政策体系构建[J].中国水土保持,2012(2):21-24.
- [7] 袁平.农业污染及其综合防控的环境经济学研究:理论探讨与实证分析[D].北京:中国农业科学院,2008:14-17.
- [8] 杨秀海,扎西央宗,卓嘎,等.西藏那曲地区植被覆盖状况与气象条件分析[J].草业学报,2008,17(2):102-109.
- [9] MU S, YANG H, LI J, et al. Spatio-temporal dynamics of vegetation coverage and its relationship with climate factors in Inner Mongolia, China[J]. Journal of geographical sciences, 2013, 23(2): 231-246.
- [10] LIU X, ZHANG J, ZHU X, et al. Spatiotemporal changes in vegetation coverage and its driving factors in the Three-River Headwaters Region during 2000-2011[J]. Journal of geographical sciences, 2014, 24(2): 288-302.
- [11] 周兆叶,储少林,王志伟,等.基于 NDVI 的植被覆盖度的变化分析[J].草业科学,2008,25(12):23-29.
- [12] 宋怡,金龙,陈建兵.青藏公路工程活动对沿线植被覆盖的影响[J].冰川冻土,2014,36(4):1017-1025.
- [13] 朱玉福,唐文武.青藏铁路通车对西藏生态环境的影响分析[J].西藏民族学院学报(哲学社会科学版),2010,31(3):37-41.
- [14] 孙鸿烈,郑度,姚檀栋,等.青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J].地理学报,2012,67(1):3-12.
- [15] 马飞.珠峰自然保护区植被覆盖变化及沼泽湿地潜在退化风险评价[D].成都:成都理工大学,2011.
- [16] 段英杰,何政伟,诸丽娟,等.基于 MODIS 的西藏荒漠化动态监测研究[J].广西大学学报(自然科学版),2012,37(2):312-316.
- [17] 戴睿,刘志红,娄梦筠,等.藏北那曲地区草地退化时空特征分析[J].草地学报,2013,21(1):37-42.

(上接第 37 页)

考虑与植被生长相关的光照时长、地形地貌等其他因素,也有其局限性。因此,加入更多的气候、地形因素,将气候区进行细化,从而真正把自然因素剥离开来,将是下一步的研究重点。

参考文献

- [1] 白淑英,吴奇,史建桥,等.基于时间序列遥感数据的西藏山南地区植被覆盖度变化特征分析[J].中国沙漠,2015,35(5):1396-1402.
- [2] 李登科,范建忠,王娟.陕西近 10 年来植被覆盖度变化特征及其成因分析[J].应用生态学报,2010,21(11):1-14.
- [3] 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.
- [4] 徐瑶,陈涛.基于 RS 和 GIS 的班戈县草地生态承载力动态变化分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2015,40(3):86-90.
- [5] 何立恒,周寅康,杨强.延安市 2000-2013 年植被覆盖度时空变化及特征分析[J].干旱区资源与环境,2015,29(11):174-179.
- [6] 冯莉莉,何贞铭,刘学锋,等.基于 MODIS-NDVI 数据的吉林省植被覆盖度及其时空动态变化[J].中国科学院大学学报,2014,31(4):492-499.
- [7] 段英杰,何政伟,王永前,等.基于遥感数据的西藏自治区土地沙漠化监测分析研究[J].干旱区资源与环境,2014,28(1):55-61.