

文章编号: 1008-2786-(2018)3-345-09

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000330

2000 年以来岷江上游地区 MODIS/NDVI 动态变化

管亚兵^{1,2}, 杨胜天^{1,2*}, 赵长森^{1,2}, 张纯斌^{1,2}, 陈珂^{1,2,3}, 刘晓林^{1,2}, 高啸峰^{1,2}, 韩春萌^{1,2}

(1. 北京师范大学 地理科学学部, 北京, 100875; 2. 北京师范大学 遥感科学国家重点实验室, 北京, 100875;

3. 黄冈师范学院 旅游文化与地理科学学院, 湖北, 438000)

摘 要: 运用遥感和地理信息系统手段, 基于 MODIS 遥感数据集, 研究了 2000 年以来岷江上游地区归一化植被指数的动态变化特征, 初步揭示环境变化及人类活动影响下研究区 NDVI 的时空变化规律。结果表明: (1) 2000 年以来岷江上游年 NDVI 总体呈波动上升趋势, 由 2000 年的 0.78 提升至 2015 年的 0.81, 年平均增长率为 0.0013。岷江上游地区 NDVI 最低值出现在 1 月份下半月, 最大值出现在 7 月份中下旬。(2) 在空间上, 研究区内 NDVI 以稳定状态为主; 轻度增大、轻度减小、明显减小类型分别占总面积的 2.03%、1.97%、0.05%。(3) 2000—2015 年间, 理县年 NDVI 均低于其他 5 县市; 松潘县年 NDVI 值均低于黑水县; 除 2002、2005 和 2006 年, 茂县年 NDVI 值均高于其他 5 县市。6 县市均是 NDVI 稳定类型所占的面积比例最高, 明显增大和明显减小类型所占的比例均较低; 对于轻度减小类型, 都江堰市该类型面积所占比例最高, 汶川县次之。

关键词: 归一化植被指数; 时空变化; 岷江上游

中图分类号: TP79

文献标志码: A

植被作为陆地生态系统的重要组成部分, 不仅是地-气系统物质能量交换的主要载体, 也是研究地球辐射收支平衡及碳、氮、水循环的关键因子, 因其与一定的气候、地貌、土壤条件相适应, 对其他因素的变化也最为敏感, 故有全球变化“指示器”之称^[1]。当前全球气候变化及人类活动对陆地生态系统造成巨大的影响, 研究大区域范围植被覆盖变化越来越受到国际社会的广泛关注。传统的植被调查方法费时费力, 并且更新困难, 在进行植被动态监测时局限性很大^[2]。近年来, 遥感对地观测技术向高分辨率、高光谱等方向快速发展, 为快速获取大区域范围甚至全球尺度植被动态变化信息提供了强有力的手段。国内外学者针对不同的应用需求, 基于多源遥感卫星数据对植被变化监测开展了大量的研究, 较常用的遥感卫星数据主要包括 QuickBird 数

据^[3]、Landsat 数据^[4-5]、MODIS 数据^[6-7]。目前, 从遥感数据中已发展出包括比值植被指数、归一化植被指数、绿度植被指数、增强植被指数等在内的多种植被指数。其中, 归一化植被指数可反映地表植被的繁茂程度, 与植被状态密切相关, 因其计算快速简便、成本低、可推广性强等优势, 已被广泛应用于植被遥感监测^[8-10]、植被物候研究、植被变化与环境因子关系研究^[11-13]。

岷江上游高山峡谷区因其得天独厚的森林和牧业资源, 是四川省乃至全国主要用材林生产基地和长江上游水源区, 也是成都平原和岷江中下游地区的绿色水库和生态屏障。此外, 岷江上游流域地质变化频繁、高差显著、气候干旱、人为活动影响强烈, 生态脆弱性表现十分明显, 更是我国典型的生态脆弱区之一^[14]。目前, 该区域已有研究多集中在土

收稿日期 (Received date): 2016-09-15; 修回日期 (Accepted date): 2017-06-05

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (U1603241); 中央高校基本科研业务费专项。[National Natural Science Foundation of China (U1603241); The Fundamental Research Funds for the Central Universities]

作者简介 (Biography): 管亚兵 (1992-), 男, 在读博士生, 主要从事水文与水资源遥感研究。[GUAN Yabing (1992-), male, Ph. D candidate, research on hydrology and water resources remote sensing]

* 通讯作者 (Corresponding author): 杨胜天 (1965-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源与水环境遥感研究。[YANG Shengtian (1965-), male, professor, research on water resources and water environment remote sensing] E-mail: yangshengtian@bnu.edu.cn

壤、水文、气候、地质地貌、生态环境等方面^[15],相关研究表明岷江上游地区土地利用/覆被正在不断发生变化^[16-19],然而有关岷江上游地区 2000 年以来植被变化的研究报道相对较少。本文基于 MODIS NDVI 遥感数据产品,运用地理信息系统技术定量分析了 2000—2015 年岷江上游 NDVI 的时空变化规律,旨在为该地区植被建设和生态环境保护等提供依据。

1 研究区概况

岷江上游位于四川盆地西北部,阿坝藏族羌族自治州东部,东经 102°34'55"~104°15'50",北纬 30°44'33"~33°09'15"之间,在行政区划上包括汶川县、理县、茂县、松潘县、黑水县及都江堰市(图 1)。岷江上游地区除在 1800~2300 m 之间出现的干温性干旱河谷属于北亚热带气候类型外,大部分地区属于山地温带和山地亚寒带气候类型,林线以上有高山寒带和永冻带分布^[20]。该区域年均降水 500~850 mm,年均流量 158 亿立方米,丰水期(6—10 月)流量占全年的 75%。流域内植被呈垂直带状分异明显,地表覆盖以自然植被为主,森林、灌木和草甸的面积比重分别约为 35.38%、40.18% 和 24.23%。土壤类型构成复杂多样,主要有亚高山草甸土、寒漠土、石质土、暗棕壤、褐土、黄壤等类型。

2 数据与方法

2.1 数据来源与预处理

本文所用的遥感影像数据为 MODIS MOD13Q1 产品,来源于美国国家航空航天局网站(<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>),空间分辨率为 250 m,时间分辨率为 16 天,该产品现已被广泛应用于全球植被状况监测、地表覆盖或者地表覆盖变化等研究。使用 MRT、ArcGIS 和 ENVI 软件对其进行拼接、投影转换和裁剪等批处理,提取出岷江上游地区 2000—2015 年的 NDVI 数据。将得到的每年 23 期 NDVI 数据逐期进行多年平均,指示 NDVI 季节变化。为了消除云层、大气和太阳高度角等的干扰,采用最大值合成法将每年 23 期的数据进行最大值合成,得到年最大 NDVI 代表相应年的 NDVI 值,以指示 NDVI 年际变化。岷江上游及各县域边界等矢量数据由环境保护部卫星环境应用中心提供。气象数据来源于中国气象科学数据共享服务网([http://](http://data.cma.cn/)

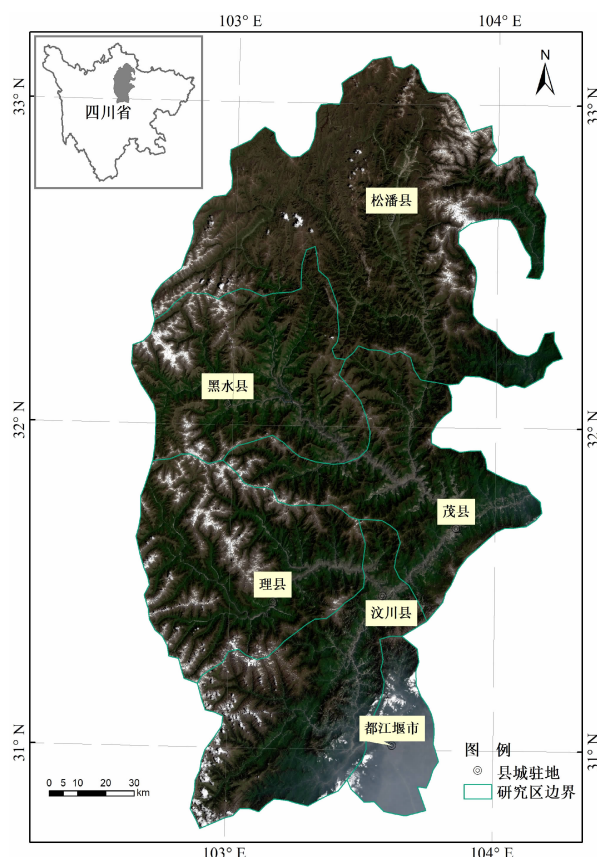


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geographic location of study area

data.cma.cn/),包括月尺度和年尺度的平均气温和降水量数据。由于共享数据集中仅有松潘和都江堰两个气象站位于研究区内,因此将此二气象站的年平均气温和降水量分别求平均,指示岷江上游地区年平均气温和降水量的年际变化情况,月平均气温和降水量处理方式相同。

2.2 研究方法

利用一元回归趋势线法,可以分析研究区每个像元上的 NDVI 变化情况。回归趋势线法是对一组随时间变化的变量进行回归分析的方法,常表现为随时间变化,序列整体的上升或下降趋势空间分布格局变化以及在某时刻出现的转折或突变^[21-22],可预测其变化趋势。

$$k = \frac{n \times \sum_{j=1}^n j \times d_j - \sum_{j=1}^n j \times \sum_{j=1}^n d_j}{n \times \sum_{j=1}^n j^2 - (\sum_{j=1}^n j)^2}$$

式中, k 为趋势线的斜率; n 是监测时间段的年数; j 为 1~ n 年中的第 j 年; d_j 为第 j 年的 NDVI 值。

当 $k > 0$ 时,表明 NDVI 在 n 年间呈现增加趋势; $k = 0$ 时,表明 NDVI 没有变化;反之,若 $k < 0$ 时,NDVI 呈现减少趋势。

3 结果与分析

3.1 NDVI 时间变化特征

3.1.1 NDVI 季节变化特征

岷江上游地区 2000—2015 年逐期取多年平均后的 NDVI 年内季节变化如图 2 所示,共 23 期。可以看出,岷江上游地区 NDVI 年内波动较大,不同时期变化明显,NDVI 值呈现出由较低水平的稳定状态逐步上升,达到最高值后又逐渐下降的态势。从月份上看,岷江上游地区 12 月、1 月、2 月和 3 月份的 NDVI 值较低,其中最低值出现在 23 期中的第 2 期(对应 1 月份下半月),值为 0.29;7 月和 8 月份的 NDVI 值均处于较高水平,植被生长达到极值,其中最大值出现在 23 期中的第 13 期(对应 7 月份中下旬),值为 0.66。此外,4—6 月份为研究区 NDVI 快速增长阶段,为植被主要生长期;10—11 月份为研究区 NDVI 快速减小阶段,植被逐渐枯萎,与岷江上游地区植被返青、生长、枯黄等物候时间相一致^[23-24]。

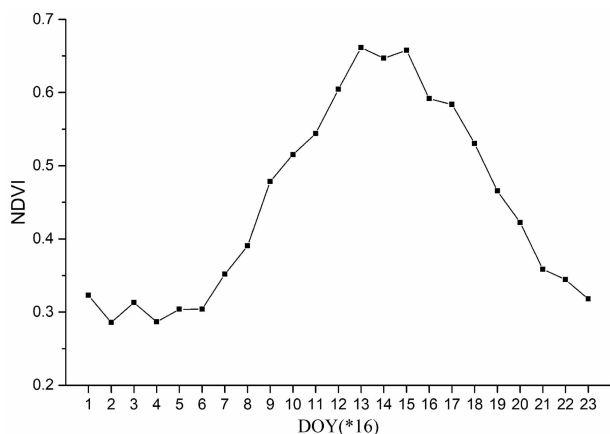


图2 岷江上游地区 NDVI 季节变化
(DOY 代表一年中的天数)

Fig. 2 The seasonal variation of NDVI in upper Min River (DOY: day of year)

图 3~5 显示,岷江上游月均气温的变化趋势与 NDVI 逐期变化情况相似,而月降水量波动较大,每年降水量的最大值多出现在 7、8、9 月。其中,2000 年 1 月和 2 月平均气温较同期偏低使得 NDVI 值也较低。2002 年 1 月份研究区平均气温较同期偏低,降水量较同期偏高,使得 NDVI 值出现历年同期最低值。2006 年 7 月和 8 月研究区平均气温较同期偏高,NDVI 值也偏高。2008 年 1 月份我国南方遭

受长时间、大范围的低温冻雨灾害,使得研究区 NDVI 值较同期也偏低。2008 年 7 月和 8 月份 NDVI 值较同期也偏低。此外,2011 年 1 月份平均气温较同期偏低,研究区 NDVI 值也较低。

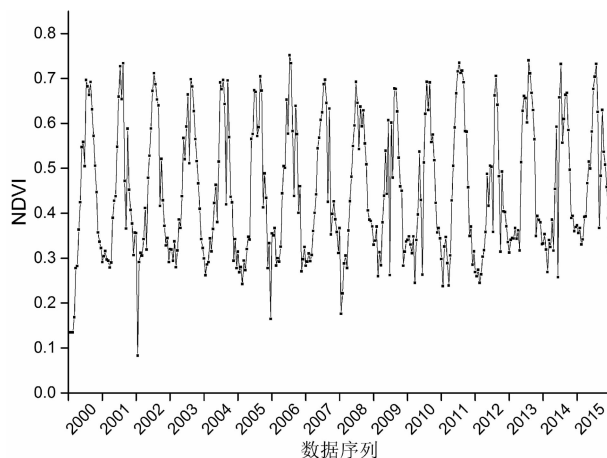


图3 2000—2015 年岷江上游地区 NDVI 逐期变化

Fig. 3 The variation of 16-day NDVI in upper Min River from 2000 to 2015

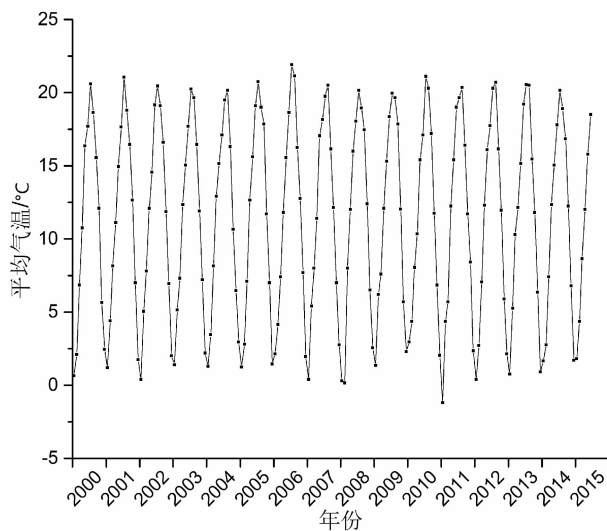


图4 岷江上游月平均气温变化
(2000 年 1 月—2015 年 6 月)

Fig. 4 The variation of monthly temperature in upper Min River from January 2000 to June 2015

3.1.2 NDVI 年际变化特征

图 6 显示,2000—2015 年间,岷江上游地区年 NDVI 值在波动中呈缓慢上升的趋势,由 2000 年的 0.78 提升至 2015 年的 0.81,年平均增长率为 0.0013,变化区间在 0.77~0.81 之间。其中年 NDVI 最小值出现在 2002 年,年 NDVI 最大值出现在 2015 年。岷江上游地区植被生长过程大致经历了四个阶段:(1) 2000—2002 年的突变期,其中

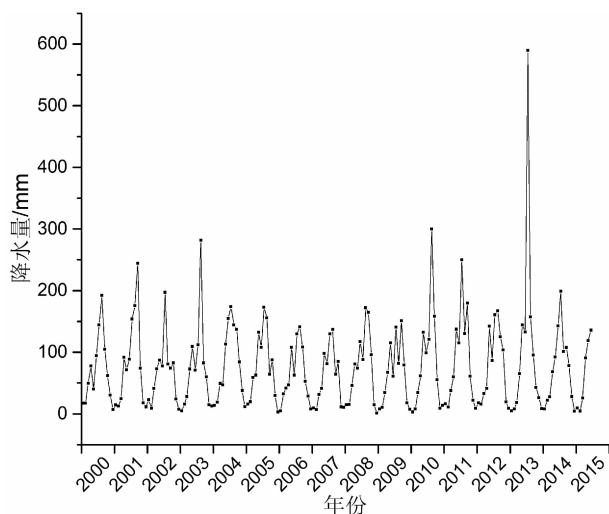


图5 岷江上游月降水量变化
(2000年1月—2015年6月)

Fig. 5 The variation of monthly precipitation in upper Min River from January 2000 to June 2015

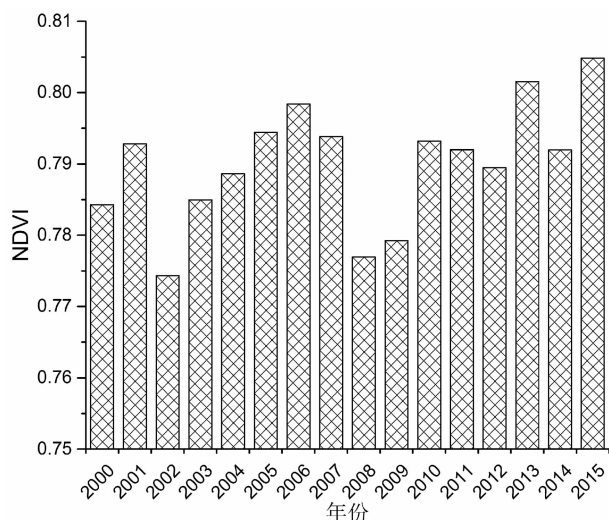


图6 岷江上游地区NDVI年际变化

Fig. 6 The variation of yearly NDVI in upper Min River

2000—2001年NDVI呈增长趋势,至2002年却迅速减小,出现2000—2015年间的最小值。从图7可知,2002年岷江上游地区的降水量处于较低水平,严晓瑜等研究也显示位于岷江上游附近的若尔盖湿地2002年的平均气温低于2001年,其降水量也低于2000和2001年,因此2002年岷江上游地区年平均气温和降水量偏低可能是造成NDVI值较低的原因^[25]。(2)2003—2006年的逐步上升期,期间年NDVI由2003年的0.78上升至2006年的0.80。(3)2007—2008年的突变期,在此期间年NDVI值出现下降趋势,2008年降至0.78,与2002年的最低

值相当。这可能是由于2008年初南方地区发生了大范围极端低温事件,研究区多个站点在此期间观测到20年来最低日均气温(图8),很可能对于热河谷喜热喜温植被造成冻害^[26]。(4)2009—2015年的波动上升期,NDVI值由2008年的0.78上升至2015年的0.81,期间在2012和2014年形成两个低谷。图7和图8显示,岷江上游地区2012和2014年平均气温与降水量均处于较低水平,NDVI值也偏低。

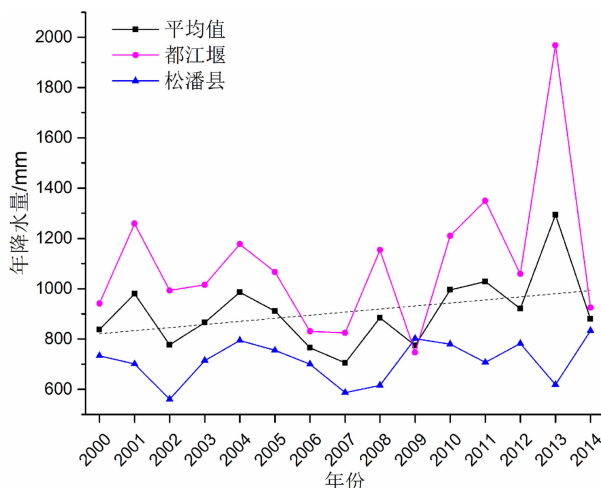


图7 岷江上游地区降水量年际变化

Fig. 7 Inter-annual variation of precipitation in upper Min River

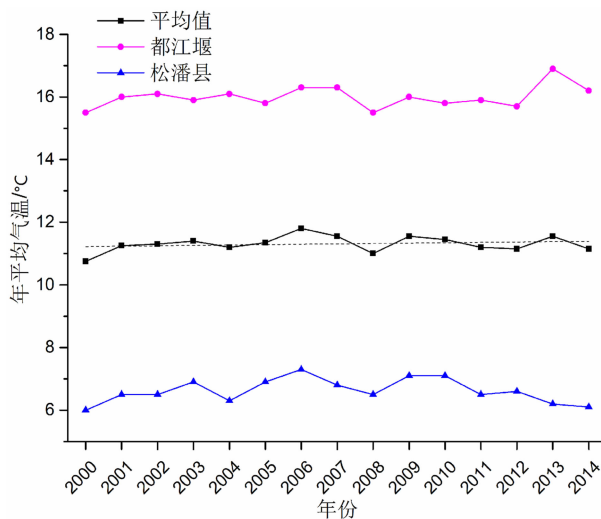


图8 岷江上游地区平均气温年际变化

Fig. 8 Inter-annual variation of average temperature in upper Min River

3.1.3 各县域NDVI年际变化特征

上述分析揭示了2000—2015年岷江上游地区NDVI的年际、季节变化规律,为了刻画研究区

NDVI 变化的空间异质性,反映环境变化和人类活动共同作用下不同区域 NDVI 的变化规律,本文按照县域行政边界分别统计 2000—2015 年松潘县、黑水县、茂县、理县、汶川县和都江堰市年最大值合成 NDVI 变化情况,如图 9 所示。

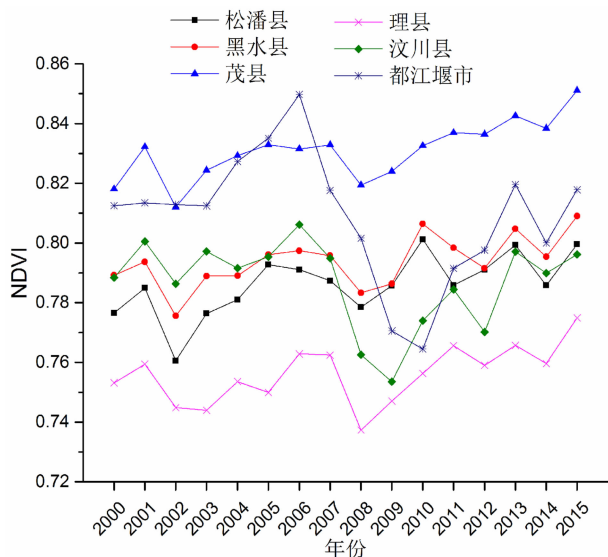


图9 岷江上游各县域 NDVI 年际变化

Fig. 9 The change of yearly NDVI in each County

2000—2015 年间,理县的年 NDVI 值均低于其他 5 县市;松潘县的年 NDVI 值均低于黑水县,且二者值较接近;除 2002、2005 和 2006 年都江堰市年 NDVI 值略高于茂县外,其余年份茂县年 NDVI 值均高于其他 5 县市。研究区内各县市年 NDVI 变化情况不同:(1)2000—2015 年间,茂县年 NDVI 在波动中呈上升趋势,由 2000 年的 0.82 提升至 2015 年的 0.85,在 2002 和 2008 年出现两个低谷;(2)松潘县和黑水县年 NDVI 变化趋势大致相同,2000—2002 年为突变期,至 2002 年出现低谷,2003—2005 年处于上升期,2007—2008 年为突变期,2009—2015 年为波动上升期;(3)汶川县年 NDVI 在 2000—2006 年呈波动上升趋势,2007—2009 年为突变期,呈下降趋势,2010—2015 年在波动中呈上升趋势;(4)理县年 NDVI 在 2000—2007 年呈波动上升趋势,2002 和 2003 年处于低谷期,2008 年出现 NDVI 最低值,2009—2015 年理县年 NDVI 在波动中呈上升趋势;(5)2000—2003 年,都江堰市年 NDVI 处于稳定期;2004—2006 年处于快速上升期,并于 2006 年出现最大值,图 7 和图 8 显示,应与同期年平均气温和降水量处于较高水平有关;2007—2010 年都江堰市年 NDVI 处于迅速下降期,至 2010 年出现最小值,可能

与 2007 年和 2009 年降水量偏低有关。此外,2007 年后,都江堰市城镇用地持续扩张使得该区域 NDVI 下降。2011—2015 年都江堰市年 NDVI 在波动中呈快速上升的趋势。

3.2 NDVI 空间变化特征

受环境和人为因素的影响,研究区 NDVI 空间格局处于变化之中,利用一元回归趋势线法对 2000—2015 年间年最大 NDVI 的变化趋势进行逐象元分析,分析 NDVI 的空间格局变化趋势。根据 k 值的范围及本研究区实际情况,参照 Huang 和邱海军等人^[27-28]的研究成果,将趋势分析结果在 ArcGIS 中进行等间隔分割重分类,将研究区 NDVI 变化趋势划分为明显增大、轻度增大、稳定、轻度减小、明显减小 5 个等级类型,进一步分析不同变化趋势空间分布及其面积统计情况。按该分级标准得到研究区 NDVI 变化趋势分级面积统计结果,如表 1 所示。

表 1 NDVI 变化等级类型面积及占比统计

Tab. 1 Statistics of NDVI change types

变化等级	变化面积/km ²	面积比例/%
明显增大	1.94	0.01
轻度增大	522.94	2.03
稳定	24 672.88	95.94
轻度减小	507.25	1.97
明显减小	13.38	0.05

表 1 显示 2000—2015 年间,岷江上游地区 NDVI 变化以稳定类型为主,占研究区总面积的 95.94%;轻度增大类型和明显增大类型所占比例较小,分别占研究区总面积的 2.03% 和 0.01%;轻度减小类型、明显减小类型所占比例与轻度增大类型、明显增大类型所占比例相当,分别为 1.97% 和 0.05%。

按不同县域单元分别统计 NDVI 各变化类型所占的面积百分比并制作各县域统计柱状图,为了更直观比较除稳定类型外的其余四种类型的相对大小,将稳定类型所占比例值取其八分之一绘制如图 10 所示,各县域图斑设色原则为与除稳定类型外的面积比例较大的变化类型的柱状图颜色一致。可以发现不同县域 NDVI 增加或减少类型比例各不相同,松潘县、黑水县、茂县和理县 NDVI 变化以轻度增大类型面积比例较大,汶川县和都江堰市以轻度减小类型比例较大。6 县市均是稳定类型所占的面积比例最高,其中,松潘县、黑水县、茂县和理县所占

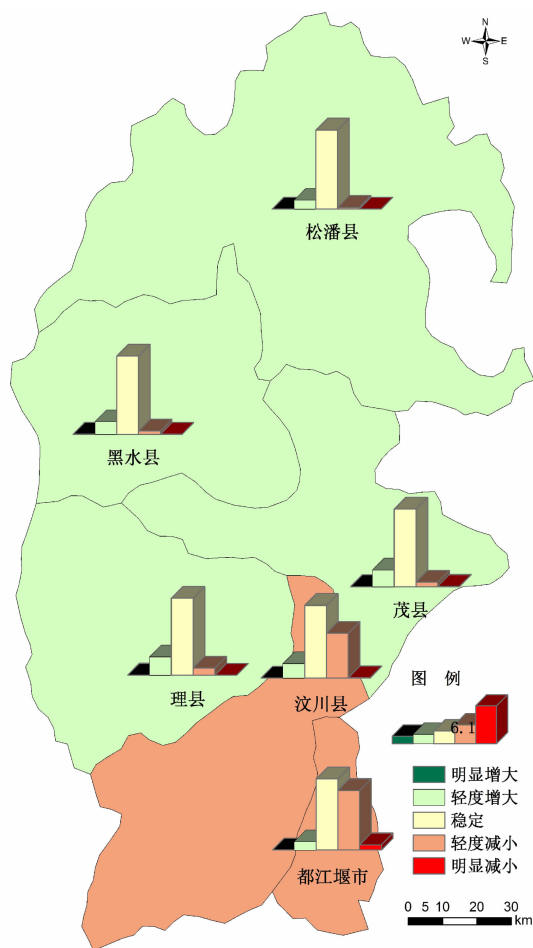


图 10 岷江上游各县域 NDVI 变化类型统计图

Fig. 10 The bar chart of NDVI change types in each County of upper Min River

面积比例基本相同,均在 95.00% 以上,汶川县和都江堰市该类型面积所占比例均低于该 4 县,都江堰市该类型面积比例最低,为 88.59%,反映出都江堰市 NDVI 变化比较剧烈;6 县市明显增大和明显减小类型所占的比例均较低,其中都江堰市明显减小类型所占的比例最高;对于轻度减小类型,6 县市中都江堰市该类型面积所占比例最高,为 9.28%,汶川县次之,占 6.98%,且均高于其轻度增大类型所占的面积比例;此外,对于轻度增大类型,6 县市该类型所占的面积比例均较低,变化范围约在 1.31% ~ 2.86% 之间,其中,松潘县、茂县、理县和黑水县该类型所占的面积比例均高于其轻度减小类型所占的面积比例。

4 讨论

本文基于时空分辨率较高的 MODIS 数据集揭

示岷江上游地区长时间序列 NDVI 时空动态变化特征,并使用对应时间的气温和降水数据对 NDVI 变化过程进行了初步分析。在本研究中,NDVI 季节性变化表现出稳定—快速增长—快速下降的趋势,与张文江等人的研究结果一致^[26];NDVI 年际变化呈现出上升的趋势,与孙存举等人在阿坝州取得的结果一致^[23];在县域空间分布上,除都江堰市外,汶川县 NDVI 退化类型所占面积比例最高,与孙存举等人的研究结果一致^[23],但退化类型面积比例有所差异,这与研究时段和划分 NDVI 变化类型所设置的间断点取值有关。此外,本研究使用的是 250 m 的 MODIS NDVI 产品数据集,空间分辨率或遥感数据集的差异也会造成统计结果中的偏差。

岷江上游地区位于高山峡谷地带,地形复杂,气候具有立体分布特征,局地小气候呈现复杂多样特征,气象因子与 NDVI 的关系较为复杂。目前,岷江上游地区有关气象要素与植被覆被关系的研究主要基于气象观测站点数据开展。由于观测站点数量有限,存在以点代面的问题,气象站点的选取及其位置分布往往对研究结果的影响较大^[29]。李崇巍等基于岷江流域上游及周边地区 51 个雨量站资料研究岷江上游植被格局与环境关系,得出 NDVI 空间分布及生长与温度相关性较高,与降雨无明显相关性的结论^[30]。张文江等利用岷江上游流域及周边 14 个气象站点和植被遥感资料分析了增强植被指数对水热条件响应规律,发现热量和水分条件分别在高海拔和河谷地带成为限制因子^[26]。二者在干旱河谷区的研究结果存在一定差异。受研究区气象站点布设及数据可获取性限制,本文也仅采用松潘和都江堰两个气象站点的降水和气温数据对 NDVI 变化过程中出现的极值点进行了初步解释。网格化的 TRMM 卫星降水数据或其他再分析数据受气候和地形限制较小^[31],在解释大区域气象因子与植被关系方面具有很大潜力,但由于其空间分辨率较粗,与本研究使用的 250 m NDVI 数据集在空间尺度上难以进行匹配,使得这些产品在本研究中难以开展应用。随着遥感技术反演降水和温度数据集空间分辨率与预测精度的提高,未来有必要进一步结合气象卫星观测数据加强 NDVI 对气象因子变化响应规律的研究。

5 结论

依托遥感监测植被变化技术路线简单、可操作

性强、能快速获取大面积区域的植被覆盖信息等优点,本文以归一化植被指数为研究内容,基于MODIS产品分析了2000年以来岷江上游地区NDVI时空动态变化规律,得到以下结论:

(1)在年尺度上,2000—2015年间岷江上游地区年NDVI总体呈波动上升趋势,由2000年的0.78提升至2015年的0.81,年平均增长率为0.0013。在月尺度上,研究区12月、1月、2月和3月份的NDVI值较低,最低值出现在1月份的下半月;7月和8月份的NDVI值均处于较高水平,最大值出现在7月份的中下旬;4—6月份为研究区NDVI快速增长阶段,10—11月份为研究区NDVI快速减小阶段。

(2)在整个研究区,NDVI以稳定状态为主,占总面积的95.94%;轻度增大类型占总面积的2.03%;轻度减小类型占总面积的1.97%;明显减小类型占总面积的0.05%。

(3)2000—2015年间,理县的年NDVI均低于其他5县市;松潘县年NDVI值均低于黑水县;除2002、2005和2006年,茂县年NDVI值均高于其他5县市。6县市均是NDVI稳定类型所占的面积比例最高,明显增大和明显减小类型所占的比例均较低;对于轻度减小类型,都江堰市该类型面积所占比例最高,为9.28%,汶川县次之。

参考文献(References)

- [1] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社, 2003:360-406 [ZHAO Yingshi. The principle and method of analysis of remote sensing application [M]. Beijing: Science Press, 2003: 360-406]
- [2] 梁志林,张立燕,曾现灵,等. 高光谱遥感城市植被识别方法研究[J]. 地理空间信息, 2017, 15(2): 72-75 [LIANG Zhilin, ZHANG Liyan, ZENG Xianling, et al. Research on identification method of urban vegetation based on hyperspectral imagery [J]. Geospatial Information, 2017, 15(2): 72-75]
- [3] 陈巧,陈永富. QuickBird 遥感数据监测植被覆盖度的研究[J]. 林业科学研究, 2005, 18(4): 375-380 [CHEN Qiao, CHEN Yongfu. A study on estimation of vegetation fraction by using QuickBird imagery [J]. Forest Research, 2005, 18(4): 375-380]
- [4] HOSSAIN M S, BUJANG J S, ZAKARIA M H, et al. Application of Landsat images to seagrass areal cover change analysis for Lawas, Terengganu and Kelantan of Malaysia [J]. Continental Shelf Research, 2015, 110: 124-148
- [5] LI J, LIU Y, CAO M, et al. Space-time characteristics of vegetation cover and distribution: case of the Henan province in China [J]. Sustainability, 2015, 7(9): 11967-11979
- [6] LEHNERT L W, MEYER H, WANG Y, et al. Retrieval of grassland plant coverage on the Tibetan Plateau based on a multi-scale, multi-sensor and multi-method approach [J]. Remote Sensing of Environment, 2015, 164: 197-207
- [7] LU L, KUENZER C, WANG C, et al. Evaluation of three MODIS-derived vegetation index time series for dryland vegetation dynamics monitoring [J]. Remote Sensing, 2015, 7(6): 7597-7614
- [8] 杨胜天,刘昌明,孙睿. 近20年来黄河流域植被覆盖变化分析[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 679-684 [YANG Shengtian, LIU Changming, SUN Rui. The vegetation cover over last 20 years in Yellow River basin [J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(6): 679-684]
- [9] 朴世龙,方精云. 1982—1999年我国陆地植被活动对气候变化响应的季节差异[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 119-125 [PIAO Shilong, FANG Jingyun. Seasonal changes in vegetation activity in response to climate changes in China between 1982 and 1999 [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(1): 119-125]
- [10] 袁丽华,蒋卫国,申文明,等. 2000—2010年黄河流域植被覆盖的时空变化[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7798-7806 [YUAN Lihua, JIANG Weiguo, SHEN Wenming, et al. The spatio-temporal variations of vegetation cover in the Yellow River basin from 2000 to 2010 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(24): 7798-7806]
- [11] HOU X, GAO S, ZHENG N, et al. Extracting grassland vegetation phenology in North China based on cumulative SPOT-VEGETATION NDVI data [J]. International Journal of Remote Sensing, 2014, 35(9): 3316-3330
- [12] XU Y, YANG J, CHEN Y. NDVI-based vegetation responses to climate change in an arid area of China [J]. Theoretical & Applied Climatology, 2016, 126(1-2): 213-222
- [13] LIU Q, YANG Z, HAN F, et al. NDVI-based vegetation dynamics and their response to recent climate change: a case study in the Tianshan Mountains, China [J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(16): 1189-1203
- [14] 杨斌,詹金凤,李茂娇. 岷江上游流域环境脆弱性评价[J]. 国土资源遥感, 2014, 26(4): 138-144 [YANG Bin, ZHAN Jinfeng, LI Maojiao. Evaluation of environmental vulnerability in the upper reaches of the Minjiang river [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2014, 26(4): 138-144]
- [15] 张诗羽,张毅,王昌全,等. 岷江上游流域植被覆盖度及其与地形因子的相关性[J]. 水土保持通报, 2018, 38(1): 69-75 [ZHANG Shiyu, ZHANG Yi, WANG Changquan, et al. Vegetation coverage and its correlation with topographic factors in upstream watershed of Minjiang River [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(1): 69-75]
- [16] 赵永华,何兴元,胡远满,等. 岷江上游土地利用/覆被变化及其驱动力[J]. 应用生态学报, 2006, 17(5): 862-866 [ZHAO Yonghua, HE Xingyuan, HU Yuanman, et al. Land use and land cover changes and driving forces in the upper reach of Minjiang River [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(5): 862-866]
- [17] 张云红,王道杰,江晓波,等. 岷江上游土地利用变化及其对生态环境的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2010, 32(3): 102-108 [ZHANG Yunhong, WANG Daojie, JIANG Xiaobo, et

- al. Changes in land use in the upper reaches of the Minjiang River and their effects on the local eco-environment [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2010, **32**(3): 102–108]
- [18] 刘洋,李开源,李勇. 岷江源头区植被景观变化及驱动因子分析[J]. 人民长江, 2007, **38**(1): 108–110 [LIU Yang, LI Kaiyuan, LI Yong. Analysis of vegetation and landscape variation and driving factors of sources area of the Minjiang river [J]. Yangtze River, 2005, **38**(1): 108–100]
- [19] 李茂娇,杨斌,詹金凤,等. 基于 GIS 的岷江上游流域土地利用/覆被变化研究[J]. 测绘工程, 2016, **25**(6): 41–45 [LI Maojiao, YANG Bin, ZHAN Jinfeng, et al. Research on land use/cover change on the upper of Minjiang River based on GIS [J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2016, **25**(6): 41–45]
- [20] 张国斌. 岷江上游森林碳储量特征及动态分析[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008 [ZHANG Guobin. Forest carbon storage dynamics at the upper stream of Minjing River [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2008]
- [21] 侯光雷,张洪岩,郭聃,等. 长白山区植被生长季 NDVI 时空变化及其对气候因子敏感性[J]. 地理科学进展, 2012, **31**(3): 285–292 [HOU Guanglei, ZHANG Hongyan, GUO Dan, et al. Spatial-temporal variation of NDVI in the growing season and its sensitivity to climatic factors in Changbai Mountains [J]. Progress in Geography, 2012, **31**(3): 285–292]
- [22] 成方妍,刘世梁,尹艺洁,等. 基于 MODIS NDVI 的广西沿海植被动态及其主要驱动因素[J]. 生态学报, 2017, **37**(3): 788–797 [CHENG Fangyan, LIU Shiliang, YIN Yijie, et al. The dynamics and main driving factors of coastal vegetation in Guangxi based on MODIS NDVI [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, **37**(3): 788–797]
- [23] 孙存举,雷建华,唐果山,等. 基于 SPOT NDVI 影像的阿坝州植被变化遥感监测[J]. 四川林业科技, 2014, **35**(6): 56–59 [SUN Cunju, LEI Jianhua, TANG Guoshan, et al. A study of spatio-temporal variation of vegetation by using SPOT NDVI images in Aba, China [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2014, **35**(6): 56–59]
- [24] 严晓瑜. 不同时间尺度若尔盖湿地植被变化及其与气候的关系[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2008 [YAN Xiaoyu. The variation of NDVI and its relationship with climate factors in Ruorgai wetland at different time scales [D]. Beijing: Chinese Academy of Meteorological Sciences, 2008]
- [25] 严晓瑜,何勇,董文杰. 1982—2003 年若尔盖湿地 NDVI 变化及其与气候的关系[C]// 中国气象学会. 中国气象学会 2007 年年会气候学分会会场论文集. 广州: 中国气象学会, 2007: 266–275 [YAN Xiaoyu, HE Yong, DONG Wenjie. Variation of NDVI and its relationship with climate in Ruorgai marsh from 1982 to 2003 [C]//Chinese Meteorological Society. 2007 annual conference proceedings of climate. Guangzhou: Chinese Meteorological Society, 2007: 266–275]
- [26] 张文江,宁吉才,宋克超,等. 岷江上游植被覆被对水热条件的响应[J]. 山地学报, 2013, **31**(3): 280–286 [ZHANG Wenjiang, NING Jicai, SONG Kechao, et al. The response of vegetation cover to the variation of heat and water conditions in Upper Minjiang watershed, China [J]. Mountain Research, 2013, **31**(3): 280–286]
- [27] HUANG F, WANG P, HUANG F, et al. Vegetation change of ecotone in west of Northeast China Plain using time-series remote sensing data[J]. Chinese Geographical Science, 2010, **20**(2): 167–175
- [28] 邱海军,曹明明. 基于 SPOT VEGETATION 数据的中国植被覆盖时空变化分析[J]. 资源科学, 2011, **33**(2): 335–340 [QIU Haijun, CAO Mingming. Spatial and temporal variations in vegetation cover in China based on SPOT vegetation data [J]. Resources Science, 2011, **33**(2): 335–340]
- [29] 杨绍镔,廖雪萍,谭裕模,等. 广西近十年植被 NDVI 变化及其对降水的响应特征分析[J]. 西南农业学报, 2013, **26**(2): 766–771 [YANG Shaoe, LIAO Xueping, TAN Yumo, et al. Analysis of Guangxi vegetation NDVI variations and response to precipitation in recent decade [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2013, **26**(2): 766–771]
- [30] 李崇巍,刘丽娟,孙鹏森,等. 岷江上游植被格局与环境关系的研究[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, **41**(4): 404–409 [LI Chongwei, LIU Lijuan, SUN Pengsen, et al. A study on the relationship between vegetation pattern and environment in the upstream of Minjiang River [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2005, **41**(4): 404–409]
- [31] 郑杰,闫利,冯文兰,等. 基于 TRMM 3B43 数据的川西高原月降水量空间降尺度模拟[J]. 中国农业气象, 2016, **37**(2): 245–254 [ZHENG Jie, LV Li, FENG Wenlan, et al. Spatial downscaling simulation of monthly precipitation based on TRMM 3B43 data in the western Sichuan Plateau [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2016, **37**(2): 245–254]

NDVI Dynamics in the Upper Min River Since 2000

GUAN Yabing^{1,2}, YANG Shengtian^{1,2}, ZHAO Changsen^{1,2}, ZHANG Chunbin^{1,2},
CHEN Ke^{1,2,3}, LIU Xiaolin^{1,2}, GAO Xiaofeng^{1,2}, HAN Chunmeng^{1,2}

(1. School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

3. School of Tourism Culture and Geography, Huanggang Normal University, Hubei 438000, China)

Abstract: NDVI dynamics in the upper Min River since 2000 was analyzed based on MODIS remote sensing dataset by using RS and GIS tools, and spatial-temporal variation characteristic of NDVI influenced by environmental change and human activities was revealed. The results indicated that: (1) NDVI of the upper Min River showed a fluctuating growth trend, from 0.78 in 2000 to 0.81 in 2015, and its average annual growth rate was 0.0013. Lowest NDVI value appeared in the second half of January, and maximum value appeared in the mid to late July. (2) In the past 16 years, stable status was the main NDVI change type in the upper Min River; Slight increase type, slight reduction type, and obvious reduction type accounted for 2.03%, 1.97%, and 0.05% of the total area, respectively. (3) During 2000—2015, NDVI values of Li County were lower than that of the other five counties; NDVI values of Songpan were lower than that of Heishui; and NDVI values of Mao County were higher than that of the other five counties except the year of 2002, 2005 and 2006. Dominant type was stable in each county; and the area percentages of obvious increase and obvious reduction type were both lower. For slight reduction type, the highest percentage of area was in Dujiangyan, followed by Wenchuan County.

Key words: NDVI; spatiotemporal variation; upper Min River