

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2020.03.019

贵州赤水河流域植被指数时空变异研究

黄兴成^{1,2,3}, 李渝^{2,3}, 蒋太明³,
江秋菊⁴, 熊仕娟⁵, 阳路芳⁶

1. 遵义师范学院 赤水河流域环境保护与山地农业发展协同创新中心, 贵州 遵义 563006;
2. 贵州省农业科学院 土壤肥料研究所, 贵阳 550006; 3. 农业农村部贵州耕地保育与农业环境科学观测实验站, 贵阳 550006;
4. 遵义职业技术学院, 贵州 遵义 563000; 5. 贵州省农业科学院 辣椒研究所, 贵阳 550006;
6. 四川省农业科学院 土壤肥料研究所, 成都 610066

摘要: 利用 MODISNDVI 数据, 评估贵州赤水河流域 2001—2018 年植被指数时间变化规律和空间分布特征, 为区域生态演变和环境保护提供参考依据。研究表明, 贵州赤水河流域植被指数总体呈波动上升趋势, 由 2001 年的 0.789 提升至 2018 年的 0.842, 提升幅度 6.64%, 年平均增长率为 0.003。各县域 NDVI 增长速率由大到小依次为: 大方县、金沙县、七星关区、仁怀市、播州区、桐梓县、习水县、赤水市。贵州赤水河流域 2001—2018 年 NDVI 指数降低的面积占 8.3%, 其中以仁怀市、桐梓县、习水县植被指数降低的面积比例较大, 分别为 12.05%, 10.75% 和 10.53%, 毕节市所辖七星关区、大方县和金沙县植被指数上升的面积比例较大, 分别为 61.2%, 76.6% 和 77.5%。各县域 NDVI 平均值以赤水市最高, 为 0.845, 仁怀市 NDVI 平均值最低, 仅 0.797。

关键词: 赤水河流域; MODIS; NDVI; 时空变异

中图分类号: X81

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2020)03-0139-07

植被指数客观反映了植被覆盖状况, 是衡量区域生态环境状况的重要指标^[1]。归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)是目前应用最为广泛的植被指数之一, 大量研究证实了归一化植被指数与植被覆盖度有较好的相关性, 能够应用于不同区域尺度的植被覆盖度研究^[2-4]。随着遥感技术的迅速发展, 采用 QuickBird^[5], Landsat^[6-7], MODIS^[8]等多源对地遥感卫星对区域尺度植被动态变化的快速获取分析已经成为可能, 尤其是 MODISNDVI 时序数据产品, 已经广泛应用于全球植被覆盖变化^[9-10]及气候变化响应^[11-14]等热点问题研究。学者通过对不同尺度的植被指数时空动态变化研究, 为区域植被建设和生态环境保护等提供了丰富的依据^[15-18]。赤水河流域是贵州重要的生态水源涵养地和生态屏障, 贵州省 2011 年起颁布实施了《贵州省赤水河流域保护条例》, 明确提出保护赤水河, 实现地区绿色发展, 成为当前贵州赤水河流域生态建设的重点。然而, 目前贵州赤水河流域植被指数的时空尺度变化尚不明确, 不能为区域生态环境保护提供依据。本研究利用 2001—2018 年 MODISNDVI 产品获取贵州赤水河流域各县域的植被指数情况, 从时空尺度上分析流域内各县域植被指数的变化特征, 旨在为了解赤水河流域生态环境

收稿日期: 2019-04-12

基金项目: 贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2019]2266号); 遵义师范学院赤水河流域环境保护与山地农业发展协同创新中心开放基金项目(遵师协同创新[2018]02); 农业农村部西南山地农业环境重点实验室开放基金项目(AESMA-OPP-2019004); 贵州省农业科学院青年基金项目(黔农科院青年基金项目[2018]14号)。

作者简介: 黄兴成(1990—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事生态环境研究。

通信作者: 江秋菊, 讲师。

变化状况和区域生态环境保护提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

贵州赤水河流域位于贵州省北部,东经 $105^{\circ}13'19''-106^{\circ}58'34''$,北纬 $27^{\circ}13'16''-28^{\circ}45'58''$ 之间。行政区划辖七星关区、大方县、金沙县、播州区、仁怀市、桐梓县、习水县和赤水市共 8 个县(县级市)域行政单位(图 1),流域面积 $11\,392\text{ km}^2$ 。流域海拔在 $218\sim 2\,107\text{ m}$,气候属亚热带季风气候区,年平均气温 $13.1\sim 17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均降水 $1\,286\text{ mm}$,植被类型以人工云南松、马尾松和亚热带次生常绿阔叶林为主。土壤类型以黄壤、石灰(岩)土、紫色土、粗骨土、水稻土分布较为广泛。

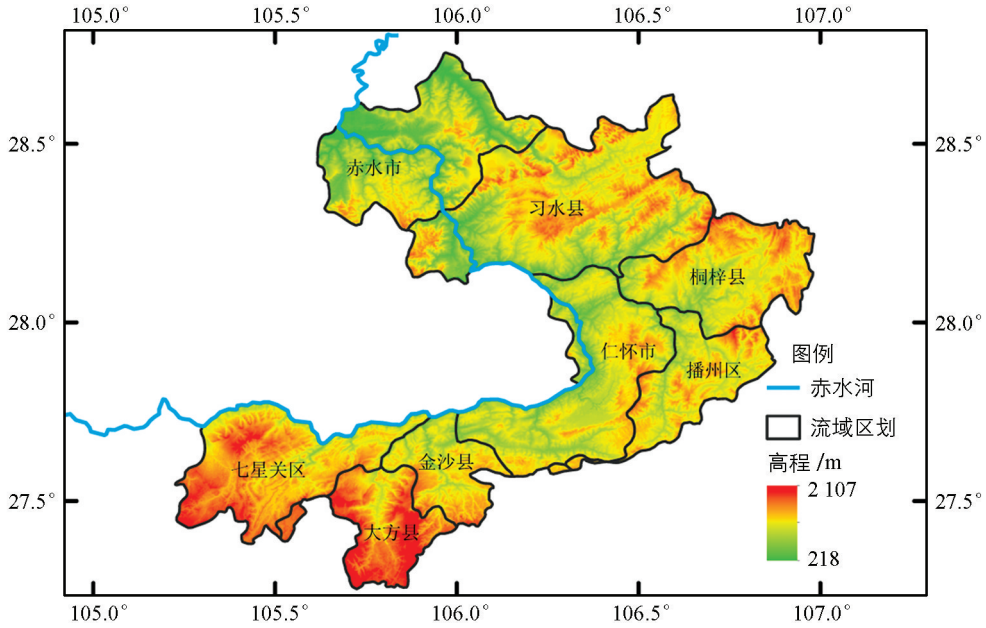


图 1 贵州赤水河流域区划

1.2 数据来源与处理

基础遥感数据来源于美国国家航空航天局网站 (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>),选取 MOD13Q1 影像数据产品,该数据空间分辨率为 250 m ,时间分辨率为 16 天,贵州赤水河流域位于 H: 27, V: 6 图幅,2001 年 1 月至 2018 年 12 月共有 414 期影像。使用 ArcGIS 软件对其进行投影转换和裁剪等批量处理,提取出贵州赤水河流域 2001—2018 年的 $NDVI$ 数据。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^[8]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。赤水河流域及各县(县级市)域边界等矢量数据来源于国家科技基础条件平台—国家地球系统科学数据共享服务平台 (<http://www.geodata.cn>)。

1.3 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,可预测其变化趋势^[8,19]。

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

式中: k 为趋势线的斜率; n 为监测时间段的年数,本研究中 $n=18$; j 为 $1\sim n$ 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.

2 结果与分析

2.1 赤水河流域植被指数年际变化规律

贵州赤水河流域及各县域 $NDVI$ 年际变化特征如图 2 所示. 贵州赤水河流域 2001—2018 年 $NDVI$ 呈波动增长趋势 ($p < 0.01$), 年均增长率为 0.0030, 18 年来增长幅度达 6.64%. 对比各县域可知, 近 18 年以来各县域 $NDVI$ 均呈波动增长趋势, 其中以大方县和金沙县增长最快, 年增长率分别达 0.0047 和 0.0045, 其次依次为七星关区、仁怀市、播州区、桐梓县、习水县和赤水市. 各县域植被指数增长幅度在 5.37%~10.12%, 其中以金沙县和大方县涨幅最大, 分别达 10.12% 和 8.98%.

2.2 赤水河流域植被指数变化率空间分布规律

通过一元回归趋势法分析, 得到 2001—2018 年贵州赤水河流域植被指数变化率空间分布如图 3 所示. 研究结果表明, 2001—2018 年贵州赤水河流域植被指数整体呈增长趋势 ($k \geq 0$), 但局部仍出现植被退化 ($k < 0$), 全流域植被指数降低面积比例达 8.3% (表 1), 退化区域集中在仁怀市、桐梓县、习水县和赤水市局部.

对比各县域植被指数变化率特征 (表 1) 可知, 各县域植被指数降低 ($k < 0$) 面积比例均较大, 其中仁怀市、桐梓县和习水县分别达 12.1%, 10.8% 和 10.5%, 赤水市和播州区植被指数降低面积比例分别为 9.2% 和 6.3%. 而毕节市所辖七星关区、大方县和金沙县植被指数降低面积比例均小于 5%. 从增长面积比例来看, 各县域植被指数取得较快增长 ($k \geq 0.003$) 的面积比例仍然以毕节市所辖 3 个县域较大, 七星关区、大方县和金沙县植被指数增长较快的面积比例分别达 61.2%, 76.6% 和 77.5%. 仁怀市植被指数增长较快的面积比例也达到了 56.4%, 其他各县域植被增长较快的面积比例均小于 50%.

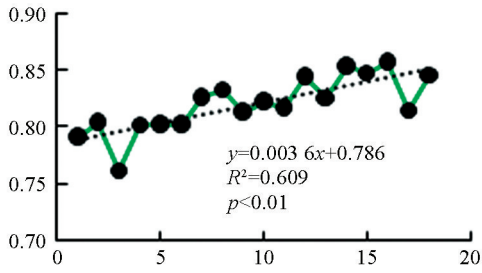
表 1 赤水河流域及各县域植被指数变化率特征

区域	$k < -0.0030$	$-0.0030 \leq k < 0$	$0 \leq k < 0.0030$	$0.0030 \leq k < 0.0060$	$k \geq 0.0060$
七星关区	0.2	4.1	34.5	50.0	11.2
大方县	0.2	2.0	21.2	49.7	26.9
金沙县	0.0	0.9	21.6	56.4	21.1
播州区	0.4	5.9	44.5	41.8	7.4
仁怀市	4.2	7.8	31.6	42.3	14.1
桐梓县	2.2	8.6	43.8	39.3	6.1
习水县	1.4	9.2	50.5	34.8	4.1
赤水市	1.3	8.0	54.0	32.5	4.3
全流域	1.5	6.8	41.0	41.0	9.8

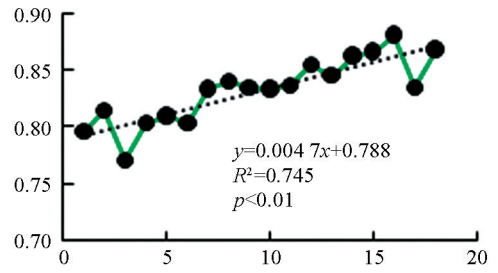
2.3 赤水河流域植被指数空间分布特征

从 2001—2018 年 $NDVI$ 平均值的空间分布可以看出 (图 4), 贵州赤水河流域整体呈现出沿赤水河一线较低趋势, 从行政区划上看以仁怀市、习水县较低, 赤水市较高. 全流域内 $NDVI$ 平均值为 0.820, 各县域 $NDVI$ 平均值以赤水市最大, 达 0.845; 其次依次为金沙县、大方县、播州区、习水县、桐梓县和七星关区, 仁怀市 $NDVI$ 平均值最小, 仅 0.797.

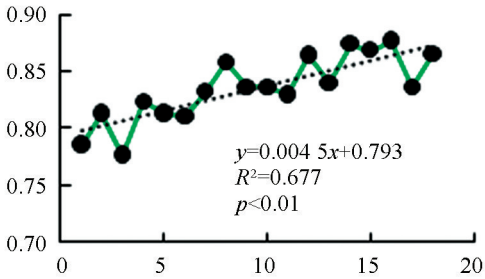
从不同县域 $NDVI$ 平均值频率分布特征可以看出 (表 2), 各县域 $NDVI$ 小于 0.750 的面积比例以仁怀市最大, 达 10.5%; 其次为习水县和桐梓县, 分别为 5.8% 和 4.4%. 赤水市是各县域中植被指数较高 ($NDVI \geq 0.800$) 分布面积比例最大的, 达到 90.4%, 其次为金沙县、大方县和播州区, 分别达到了 85.2%、84.5% 和 81.6%, 仁怀市植被指数较高的面积比例仅占 47.5%.



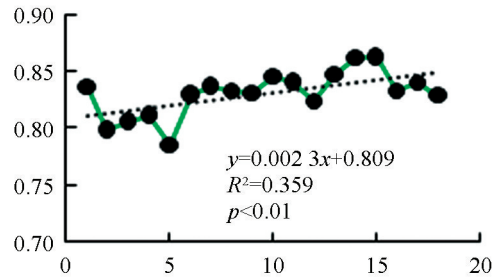
(a) 七星关区



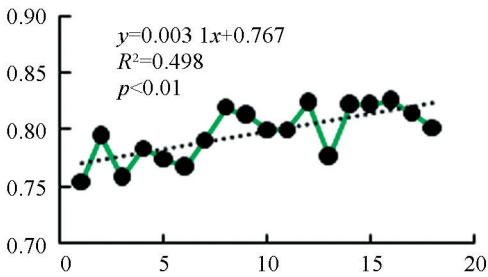
(b) 大方县



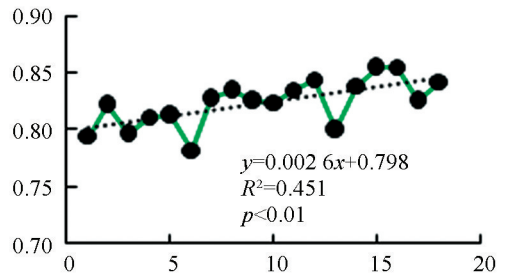
(c) 金沙县



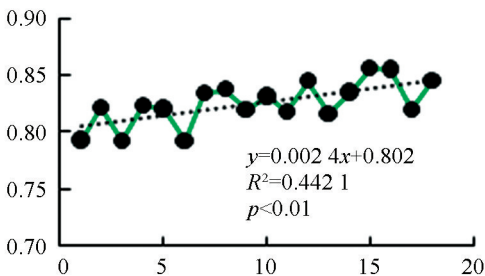
(d) 播州区



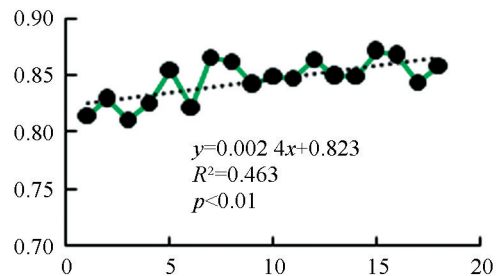
(e) 仁怀市



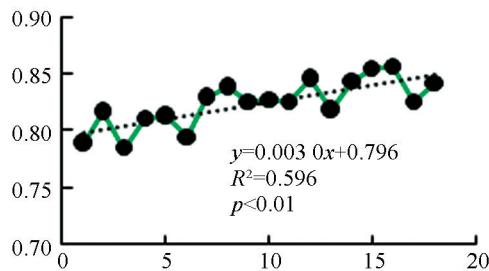
(f) 桐梓县



(g) 习水县



(h) 赤水市



(i) 全流域

图中横轴单位为年际/a; 纵轴为 NDVI.

图 2 赤水河流域及各县域植被指数年际变化特征

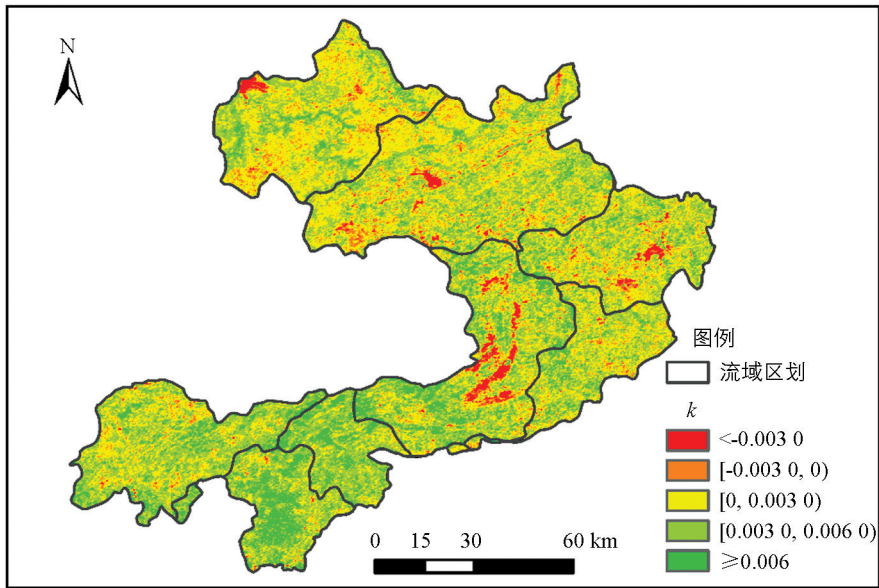


图 3 2001—2018 年赤水河流域植被指数变化率空间分布

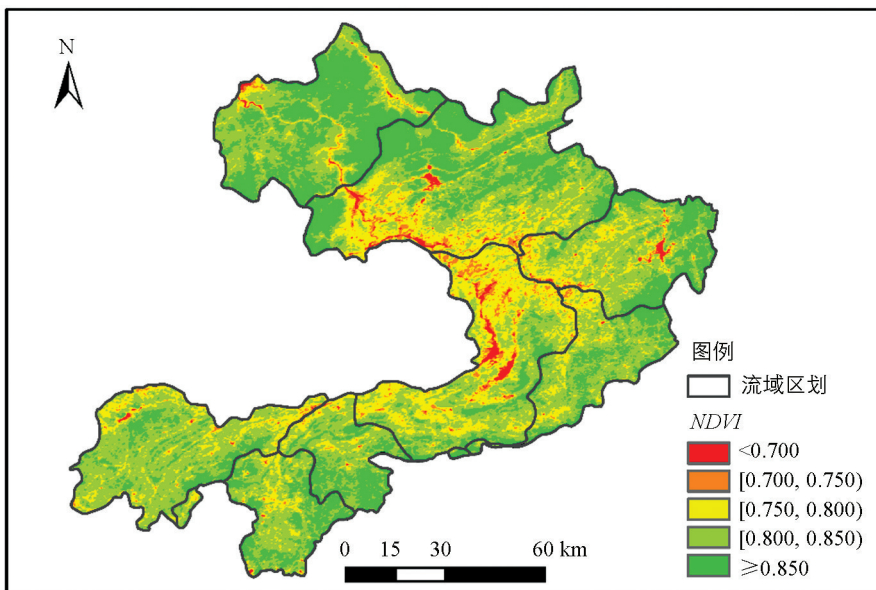


图 4 2001—2018 年贵州赤水河流域 NDVI 平均值特征

表 2 各县域 NDVI 平均值频率分布特征

区域	NDVI				
	<0.700	[0.700, 0.750)	[0.750, 0.800)	[0.800, 0.850)	≥0.850
七星关区	0.3	1.8	20.7	63.0	14.2
大方县	0.2	0.9	14.4	52.7	31.8
金沙县	0.1	1.0	13.7	48.9	36.3
播州区	0.0	1.1	17.3	56.3	25.3
仁怀市	2.3	8.2	42.1	38.1	9.4
桐梓县	0.9	3.5	22.6	45.6	27.5
习水县	1.2	4.6	22.7	38.0	33.6
赤水市	0.5	1.5	7.6	38.9	51.5
全流域	0.9	3.4	21.6	45.3	28.8

3 结 论

1) 贵州赤水河流域 2001 年以来植被指数整体呈波动增长趋势, 增长速率从大到小依次为: 大方县、金沙县、七星关区、仁怀市、播州区、桐梓县、习水县、赤水市, 涨幅最大的是大方县和金沙县。

2) 贵州赤水河流域植被指数降低的面积占 8.3%, 仁怀市、桐梓县和习水县植被指数降低的面积比例较大, 毕节市所辖七星关区、大方县和金沙县植被指数增长的面积比例较大。

3) 2001—2018 年 *NDVI* 平均值以赤水市最大, 其次依次为金沙县、大方县、播州区、习水县、桐梓县和七星关区, 仁怀市最小。

致谢: 感谢美国国家航空航天局网站(<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>)和国家科技基础条件平台—国家地球系统科学数据共享服务平台(<http://www.geodata.cn>)提供数据支撑。

参考文献:

- [1] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展 [J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 327-333.
- [2] 马 骏, 马 朋, 李昌晓, 等. 2000—2011 年三峡库区重庆段植被覆盖景观格局变化 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(12): 141-147.
- [3] 肖 洋, 熊勤犁, 欧阳志云, 等. 基于 MODIS 数据的重庆市植被覆盖度动态变化研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(7): 121-126.
- [4] 穆少杰, 李建龙, 陈奕兆, 等. 2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征 [J]. 地理学报, 2012, 67(9): 1255-1268.
- [5] 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.
- [6] 季国华, 胡德勇, 王兴玲, 等. 基于 Landsat 8 数据和温度-植被指数的干旱监测 [J]. 自然灾害学报, 2016, 25(2): 43-52.
- [7] 兰明娟, 魏 虹, 熊春妮, 等. 基于 TM 影像的重庆市北碚区地表植被覆盖变化 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009, 31(4): 100-104.
- [8] 彭月月, 魏妍冰, 李启权, 等. 气候和土地利用变化对成都市植被 NPP 时空分布的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(11): 150-159.
- [9] 熊俊楠, 彭 超, 程维明, 等. 基于 MODIS-*NDVI* 的云南省植被覆盖度变化分析 [J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(12): 1830-1840.
- [10] 韩红珠, 白建军, 张 波, 等. 基于 MODIS 时序的陕西省植被物候时空变化特征分析 [J]. 国土资源遥感, 2018, 30(4): 125-131.
- [11] 尤南山, 蒙吉军, 孙慕天. 2000—2015 年黑河流域中上游 *NDVI* 时空变化及其与气候的关系 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2019, 55(1): 171-181.
- [12] 陈登魁, 马 超, 王夏冰, 等. 1982—2015 年可可西里 *NDVI* 变化特征及其气候响应 [J]. 干旱区研究, 2018, 35(6): 1410-1417.
- [13] 仙 巍, 季建万, 何彬彬, 等. 川西高山高原过渡带植被对气候变化的响应 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(9): 1-6.
- [14] 于泉洲, 梁春玲, 刘煜杰, 等. 基于 MODIS 的山东省植被覆盖时空变化及其原因分析 [J]. 生态环境学报, 2015, 24(11): 1799-1807.
- [15] CHEN C, PARK T, WANG X H, et al. China and India Lead in Greening of the World through Land-use Management [J]. Nature Sustainability, 2019, 2(2): 122-129.
- [16] WU D, HAO W, XIANG Z, et al. Evaluation of Spatiotemporal Variations of Global Fractional Vegetation Cover Based on GIMMS *NDVI* Data from 1982 to 2011 [J]. Remote Sensing, 2014, 6(5): 4217-4239.
- [17] QIU B W, ZENG C Y, TANG Z H, et al. Characterizing Spatiotemporal Non-stationarity in Vegetation Dynamics in

China Using MODIS EVI Dataset [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2013, 185(11): 9019-9035.

[18] 冯国艳, 马明国. 西南地区 2001—2014 年植被变化时空格局 [J]. *中国岩溶*, 2018, 37(6): 866-874.

[19] 刘家福, 马 帅, 李 帅, 等. 1982—2016 年东北黑土区植被 NDVI 动态及其对气候变化的响应 [J]. *生态学报*, 2018, 38(21): 7647-7657.

Spatio-Temporal Variations of Vegetation Index in the Chishui River Basin

HUANG Xing-cheng^{1,2,3}, LI Yu^{2,3}, JIANG Tai-ming³,
JIANG Qiu-ju⁴, XIONG Shi-juan⁵, YANG Lu-fang⁶

1. Collaborative Innovation Center of Chishui River Basin Environmental Protection and Mountain

Agriculture Development, Zunyi Normal University, Zunyi Guizhou 563006, China;

2. Institute of Soil and Fertilizer, Guizhou Academy of Agricultural Science, Guiyang 550006, China;

3. Scientific Observing and Experimental Station of Arable Land Conservation and Agricultural Environment (Guizhou),
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guiyang 550006, China;

4. Zunyi Vocational and Technical College, Zunyi Guizhou 563000, China;

5. Institute of Pepper, Guizhou Academy of Agricultural Science, Guiyang 550006, China;

6. Institute of Soil and Fertilizer, Sichuan Academy of Agricultural Science, Chengdu 610066, China

Abstract: In order to provide support for regional ecological evolution and environmental protection, a study of spatio-temporal variations of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) in the Chishui River basin of Guizhou Province was carried out based on MODIS NDVI data (2001-2018). The results indicated that the vegetation index of the Chishui River basin in Guizhou showed a fluctuating growth trend, from 0.789 in 2001 to 0.842 in 2018, and its average annual growth rate was 0.003, with an increase of 6.64%. At the county level, Dafang had the greatest NDVI growth rate, followed in order by Jinsha, Qixingguan, Renhuai, Bozhou, Tongzi, Xishui and Chishui. During 2001-2018, NDVI decreased in 8.3% of the total area of the Chishui River basin in Guizhou province, NDVI of Renhuai city, Tongzi county and Xishui county decreased by 12.05%, 10.75% and 10.53% areas, respectively. NDVI of Qixingguan district, Dafang county and Jinsha county, increased by 61.2%, 76.6% and 77.5% areas, respectively. Of all the counties/districts/cities studied, Chishui city had the highest NDVI (0.845), while Renhuai city the lowest (0.797).

Key words: Chishui river basin; MODIS; NDVI; spatio-temporal variation