

石悦樾, 银正彤, 郑文锋. 基于 GLDAS 和 MODIS 的乌江流域植被与地表水变化关系研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(12): 192–198.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.050

基于 GLDAS 和 MODIS 的乌江流域植被与地表水变化关系研究

石悦樾¹, 银正彤¹, 郑文锋²

(1. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵州贵阳 550025; 2. 电子科技大学自动化工程学院, 四川成都 610000)

摘要:在西南地区, 贵州省为喀斯特地貌面积最大省份, 乌江是贵州省第一大河。为获得 2003—2014 年乌江流域植被覆盖变化与地表水变化间的关系, 得出植被时间和空间变化规律, 为乌江流域生态保护提供参考依据。基于 GLDAS、MODIS/NDVI 和 TRMM3B43 数据, 首先使用趋势分析法分析 12 年内 NDVI 变化趋势, 通过简单相关、偏相关、复相关分析法得出植被覆盖变化与地表水(含雪水当量、土壤水和地表径流)间变化关系。结果表明:12 年中, 乌江流域 NDVI 整体呈上升趋势, 每年上升率为 0.001 5, 植被覆盖率较高的年份有 2007 年、2008 年、2009 年、2013 年; 夏季植被增加面积最多, 夏季 NDVI 值对整个 NDVI 值上升变化贡献最大; 植被减少区域为西部、中部城市地区; 植被增加区域主要在研究区东部; 秋季、冬季植被随地表水下降而下降; 常绿针叶林、灌丛、常绿阔叶林 NDVI 变化对地表水变化相关性较高。

关键词:乌江流域; 植被覆盖; NDVI 变化; 地表水; 生态保护

中图分类号: S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0192-06

贵州省是全国自然资源丰富大省之一, 其喀斯特地貌面积占全省面积的 73.6%, 为西南地区喀斯特地貌最大省份^[1], 植被生长环境恶劣, 同时受人类活动影响, 植被覆盖变化对生态环境保护重要性日益凸显。

研究植被覆盖有益于了解区域变化趋势, 及时发现问题并采取相应措施解决植被覆盖中存在的问题。在国内外, 水文数据模型(global land data assimilation system, 简称 GLDAS)数据的使用与分析都已被研究成熟^[2-4], 目前对 GLDAS 所获取的气温、降水、土壤水数据研究方法主要有趋势法、相关性分析^[5]、均值法和标准差法^[6]等。自 1999 年起, 中分辨率成像光谱仪(moderate-resolution imaging spectroradiometer, 简称 MODIS)数据被学者广泛应用以研究陆地表面变化, Tian 等使用 MODIS 数据研究长时间序列的植被变化中, 以归一化植被指数(normalized difference vegetation index, 简称 NDVI)数据分析 2000—2012 年内蒙古植被变化与气候变化、生态修复工程对植被覆盖影响时发现, 在研究期中内蒙古植被覆盖在生态修复工程作用下得到增强, 为半干旱地区生态修复工程实施提供科学参考依据^[7]。Badreldin 等基于 MODIS 数据结合土壤调节植被指数对埃及沙漠化进行检测^[8]。以 MODIS 数据提取植被覆盖数据与气候变化关系研究中, 使用的研究方

法主要有均值法、趋势法、相关分析法、偏相关分析法, 但分析过于简单, 只考虑单一相关性, 均未涉及到其他因子对变量因子的影响^[9-10]。

本研究选取 MODIS/NDVI 数据结合 GLDAS 和热带降雨卫星(tropical rainfall measuring mission, 简称 TRMM)数据, 使用相关分析法、偏相关分析法、复相关分析法综合分析 2003—2014 年乌江流域植被变化与地表水间的关系。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

乌江流域位于我国西南地区, 104°10′~109°22′E、26°06′~28°48′N, 在贵州省境内部分贯穿贵州北部。研究区 1:400 万植被数据来源于国家自然科学基金委员会“中国西部环境与生态科学数据中心”(http://westdc.westgis.ac.cn), 主要分为 6 类: 常绿针叶林、常绿阔叶林、耕地、草地、灌丛和无植被区(图 1), 研究区地势西高东低, 喀斯特地貌发育显著。乌江在贵州省内河长 802 km, 是贵州省第一条大河, 发源于贵州省威宁县, 自西向东流经黔北包括贵州省省会贵阳市、渝东南, 在重庆市涪陵区汇入长江, 全流域区属于亚热带温湿季风气候, 年均气温 13~18℃。乌江流域贵州境内全区平均高程为 1 226.21 m, 相对高差为 2 791 m。自 1982 年乌江渡水电站完工后, 目前干流上已建成 11 个梯级水电站。乌江流域受喀斯特地貌、区内人类活动、流域梯级开发影响, 生态脆弱, 资源可持续发展较弱。

1.2 数据来源与处理

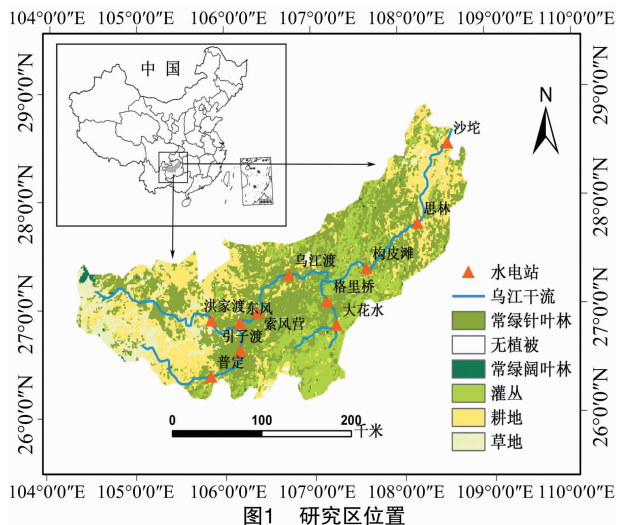
选用 2003 年 1 月—2014 年 12 月 MOD13Q1 数据, 轨道号为 h27v06, 空间分辨率为 250 m, 16 d 为 1 期, 每年 23 期, 共 276 幅影像图, 数据来源于美国航空航天局(National Aeronautics and Space Administration, 简称 NASA)官网。首先使用

收稿日期: 2016-12-22

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 61305022); 中国博士后科学基金(编号: 2016M592647); 虚拟现实技术与系统国家重点实验室资助项目(编号: BUAA-VR-16KF-11)。

作者简介: 石悦樾(1993—), 女, 贵州省铜仁人, 硕士研究生, 主要从事土地资源利用与保护研究。Tel: (0851) 83627875; E-mail: 1056716599@qq.com。

通信作者: 银正彤, 博士, 副教授, 主要从事“3S”技术在环境监测中的应用研究。E-mail: 312346079@qq.com。



MODIS reprojection tool (MRT) 对 MOD13Q1 进行投影转换, 经过重采样后, 采用最大值合成法 (maximum value composite, 简称 MVC) 处理每月上、下旬 MOD13Q1 数据获得月 NDVI 值, 其中个别月数据缺失, 以多年平均值代替。

GLDAS 数据在一定程度上接近中国实际数据^[5], 本研究以 GLDAS_NOAH LSM, Version2 获取地表水数据, 时间分辨率为 1 个月, 空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, 数据来源 NASA 官网, 地表水为土壤水、雪水当量、地表径流三者之和。其中土壤水共计 4 层, 土壤深度分别是 0 ~ 10、10 ~ 40、40 ~ 100、100 ~ 200 cm, 研究区土壤水为 4 层数据之和。降水数据来自 NASA 官网, 选取 TRMM3B43, 时间分辨率是 1 个月, 空间分辨率为 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$, TRMM3B43 数据与实测值有差距, 在贵州省内变化趋势与实测值拟合优度高^[11], 采用 TRMM3B43 作趋势变化研究。

1.3 研究方法

采用一元线性回归模型作 NDVI、降水、地表水、土壤水、雪水当量和地表径流变化趋势分析, 公式为:

$$Y_n = a + bX_n \quad (1)$$

式中: Y_n 表示 n 期时因变量; X_n 表示 n 期时自变量; a 、 b 为参数, $b > 0$, 研究期内呈上升变化, $b < 0$, 研究期内呈下降变化。同时使用标准差分类法将研究期内的变量变化分为 7 类: 重度减少、中度减少、轻度减少、保持不变、轻度增加、中度增加、

重度增加。

研究植被覆盖与地表水变化关系时, 首先使用简单相关分析分别计算出 NDVI 变化与地表水变化的简单相关系数、NDVI 变化与降水变化的简单相关系数; 接着使用偏相关分析分别计算出 NDVI 变化与地表水变化的偏相关系数, 进行 t 检验; 最后通过复相关分析, 进行 F 检验; 综合得出 NDVI、地表水、降水三者间关系。

2 结果与分析

2.1 NDVI 变化

乌江流域 2003—2014 年年均 NDVI 值为 0.613 3, 在 0.578 4 ~ 0.644 0 之间, 整体植被覆盖率较高; 2005 年年均 NDVI 值最低, 2013 年年均 NDVI 值最高 (图 2)。研究期内 NDVI 值整体上升, 每年上升率为 0.001 5。

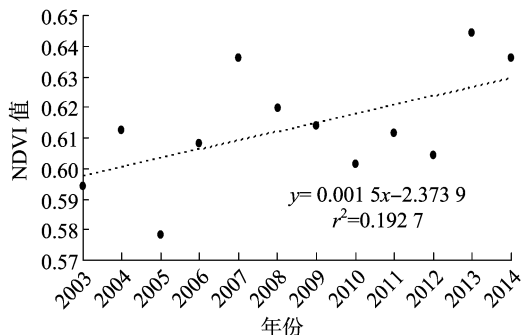
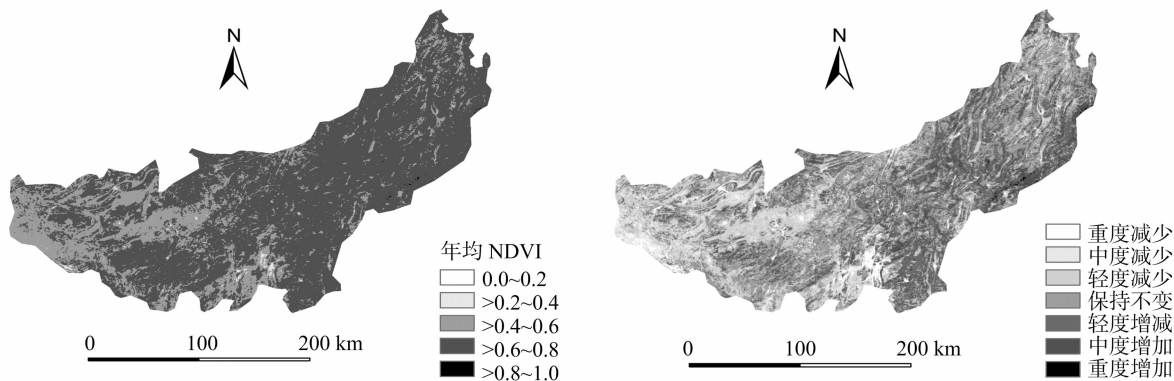


图2 2003—2014年乌江流域 NDVI 变化

由图 3-a 可知, 12 年中乌江流域东部 NDVI 值整体较高, 均在 0.6 以上, 乌江下游 NDVI 值比上游高, NDVI 值在 $>0.6 \sim 0.8$ 间的区域占总面积的 74.00%。由图 3-b 可知, 12 年中 NDVI 减少区集中在研究区西部, 有普定县、黔西县、平坝县、大方县、六枝特区、威宁县、水城县、七星关区、赫章县、东部沿河县, 主要减少面积比为 27.97%; NDVI 增加区域主要集中在研究区东部的施秉县、江口县、镇远县、凤冈县、余庆县、开阳县、龙里县、湄潭县、贵定县、石阡县、息烽县和西部的纳雍县中部、织金县中部, 增加面积比为 30.99%。

四季划分时间为春季 (3—5 月)、夏季 (6—8 月)、秋季 (9—11 月)、冬季 (12—次年 2 月)。由图 4 可知, 春季的 NDVI 每年以 0.000 4 速率逐年递减, 夏季、秋季和冬季都是



a. 年均 NDVI 值分布

b. 年均 NDVI 值变化分布

图3 2003—2014 年乌江流域 NDVI 空间变化

逐年递增,每年上升率分别为 0.000 3、0.007 5、0.003 6。其中秋季通过 0.05 水平显著性检验,春季、夏季和冬季未通过显著性检验。季节 NDVI 均值由高到低依次为夏季(0.765 9) > 秋季(0.632 6) > 春季(0.585 7) > 冬季(0.467 6)。

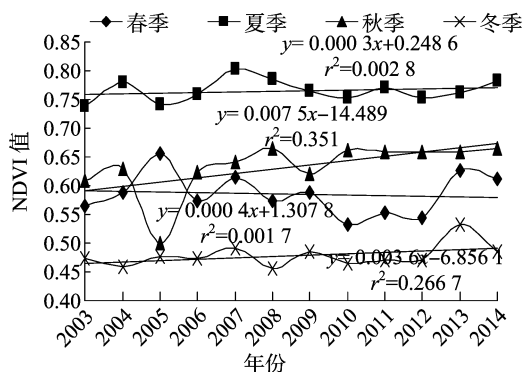


图4 2003—2014 年乌江流域 NDVI 季节变化

由图 5、图 6 可知,研究区西部四季中 NDVI 值较低,东部较高。春季 NDVI 值中 >0.4 ~ 0.6 的占总面积的 51.39%,西部大多在 >0.2 ~ 0.4,东部在 >0.4 ~ 0.8 之间;植被覆盖减少区域主要是贵阳市、威宁县、七星关区、黔西县、大方县、水城县、赫章县、普定县、六枝特区;植被增加面积为

17 404.83 km²,占区域面积的 32.06%,植被增加区域主要有印江县、石阡县、龙里县、湄潭县、凤冈县、石阡县、余庆县;保持不变的区域面积占总面积的 40.21%。夏季 NDVI 值中 >0.6 ~ 0.8 的区域面积占总面积的 76.76%,整体在 >0.6 ~ 1.0 之间,东部 NDVI 值比西部高;贵阳市、威宁县、六枝特区、普定县、遵义县、东五县等沿乌江地带呈减少趋势;植被增加区域包括年际变化趋势中东部增加区域,还有西部赫章县、大方县、纳雍县、七星关区、织金县,植被增加面积为 30 903.31 km²,占总面积的 56.93%;保持不变的面积极占总面积的 19.41%。秋季 NDVI 值中 >0.6 ~ 0.8 区域面积占总面积的 67.74%,西部 NDVI 值在 >0.4 ~ 0.8 之间,东部 NDVI 值在 >0.4 ~ 0.8 之间,其中 >0.6 ~ 0.8 分布占绝大多数,整体空间变化趋势与年均 NDVI 空间变化趋于一致,除了纳雍县、织金县为减少趋势;植被增加面积为 17 303.77 km²,占总面积的 31.88%,保持不变的面积极为 39.17%。冬季 NDVI 值中 >0.4 ~ 0.6 占总面积的 68.14%,西部 NDVI 值在 >0.2 ~ 0.6 间,东部 NDVI 值在 >0.2 ~ 0.8 间,其中以 >0.4 ~ 0.6 分布为主,整体空间变化趋势与年均 NDVI 空间变化趋于一致,除了普定县为增加趋势,贵阳市为减少趋势,植被增加面积为 1 723.66 km²,占总面积的 31.75%,保持不变的面积极占总面积的 39.00%。

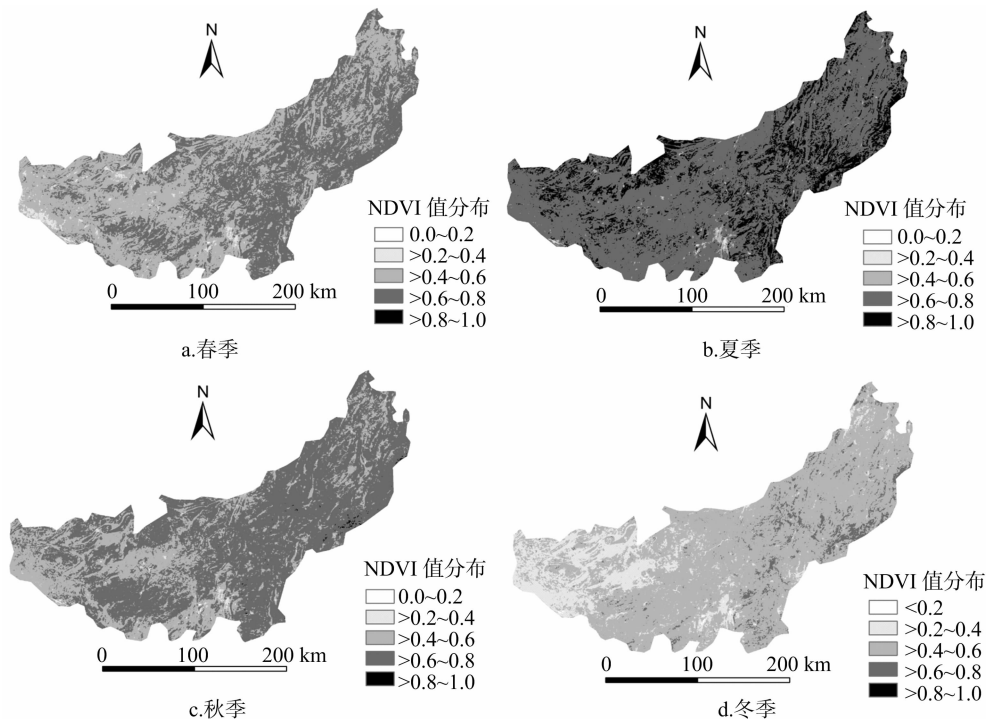


图5 2003—2014 年乌江流域季节 NDVI 分布

2.2 降水和地表水变化趋势

降水年际变化和季节变化趋势如图 7 所示,年降水每年以 2.285 5 mm 的速率上升,季节降水变化中春季、夏季、秋季每年分别以 0.066 8、1.489 5、1.068 1 mm 速率上升,冬季每年以 0.425 2 mm 速率下降,降水整体呈上升趋势。

地表水年际变化如图 8 所示,地表水整体呈下降趋势,其中雪水当量呈上升趋势,土壤水和地表径流呈下降趋势。由图 9 可知,地表水季节变化中春季和冬季地表水呈上升趋势,

夏季和秋季呈下降变化;雪水当量季节变化中四季均呈上升趋势;土壤水四季均呈下降变化;地表径流季节变化中春季呈上升趋势,夏季、秋季、冬季呈下降变化。地表水整体呈下降变化。

2.3 NDVI 与地表水的关系

2.3.1 NDVI 与地表水偏相关分析 降水会影响地表水,把降水数据作为控制变量得出不同植被 NDVI 值与地表水、雪水当量、土壤水、地表径流的年际偏相关系数分别为 -0.08 ~

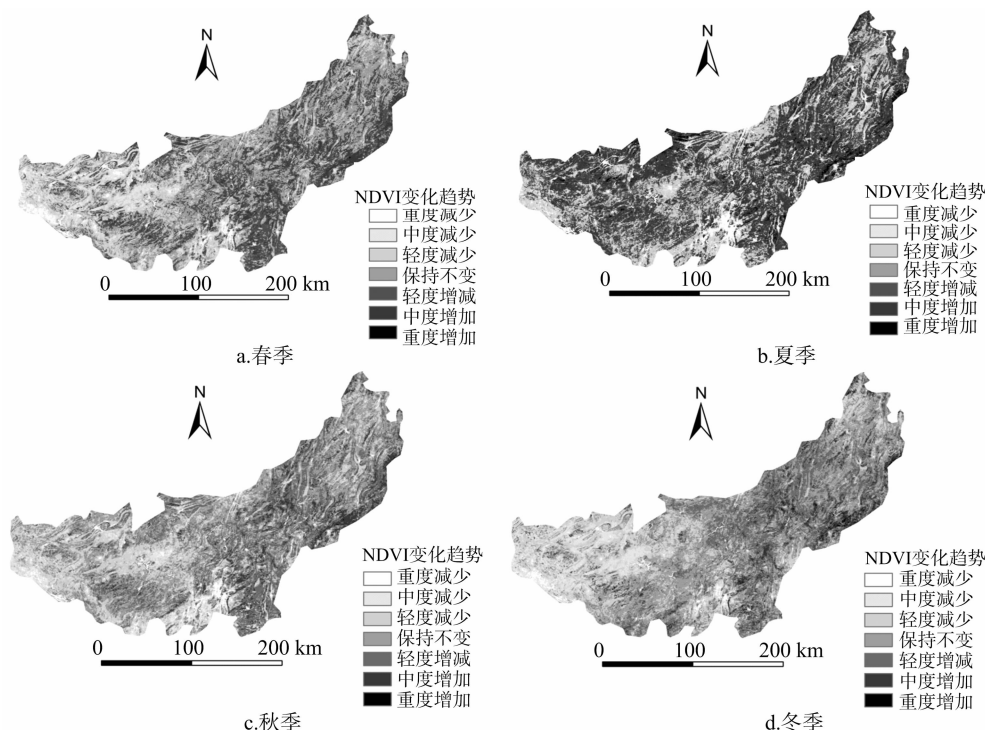


图6 2003—2014 年乌江流域季节 NDVI 变化趋势

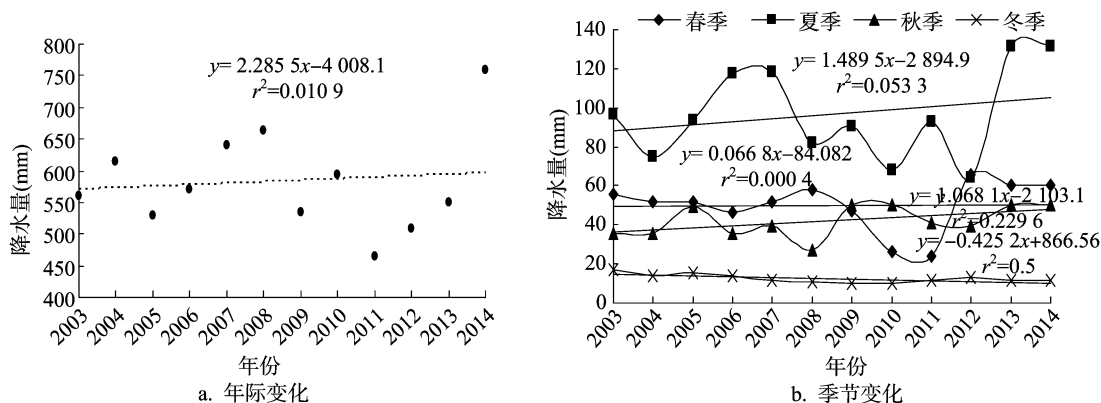


图7 乌江流域降水年际和季节变化趋势

0.138、0.304 ~ 0.606、-0.425 ~ -0.239、0.132 ~ 0.307, 春季偏相关系数分别是 0.257 ~ 0.485、0.492 ~ 0.587、-0.042 ~ 0.272、0.288 ~ 0.552, 夏季偏相关系数分别是 0.039 ~ 0.490、0.129 ~ 0.511、-0.164 ~ 0.167、-0.330 ~ 0.269, 秋季偏相关系数分别是 -0.315 ~ 0.111、0.012 ~ 0.101、-0.306 ~ 0.065、-0.229 ~ 0.090, 冬季偏相关系数分别是 -0.431 ~ -0.309、0.153 ~ 0.389、-0.628 ~ -0.501、-0.547 ~ -0.453 (表 1)。

年际 NDVI 与地表水呈正相关, 呈正相关的像元占研究区的 82.49%; 年际 NDVI 与雪水当量均为正相关, $P < 0.05$ 的像元占研究区的 27.89%, 主要分布在六枝特区、沿河县、大方县、印江县、江口县、织金县、松桃县; 年际 NDVI 与土壤水均为负相关; 年际 NDVI 与地表径流呈正相关。季节变化中, 春季 NDVI 与地表水皆呈正相关; 春季 NDVI 与雪水当量皆呈正相关, $P < 0.05$ 的像元占 45.21%, 主要分布在中部和东部; 春季 NDVI 与土壤水呈正相关的像元占研究区的

63.32%; 春季 NDVI 与地表径流均呈正相关。夏季 NDVI 与地表水、雪水当量皆呈正相关; 夏季 NDVI 与土壤水呈正相关的像元占研究区的 0.6%; 夏季 NDVI 与地表径流呈正相关的像元占研究区的 45.4%。秋季 NDVI 与地表水、土壤水、地表径流呈正相关的像元占研究区的 9.02%; 秋季 NDVI 与雪水当量皆呈正相关。冬季 NDVI 与地表水皆呈负相关; 冬季 NDVI 与雪水当量皆呈正相关; 冬季 NDVI 与土壤水呈负相关, $P < 0.05$ 的像元占 9.02%, 以赫章县和威宁县为主; 冬季 NDVI 与地表径流皆为负相关。

2.3.2 NDVI 与地表水、降水复相关分析 由表 2 可知, 不同植被 NDVI 与地表水 (雪水当量、土壤水和地表径流)、降水的年际复相关系数分别是 0.302 ~ 0.350、0.412 ~ 0.667、0.382 ~ 0.530、0.370 ~ 0.414, 春季复相关系数分别是 0.286 ~ 0.802、0.505 ~ 0.817、0.133 ~ 0.754、0.313 ~ 0.822, 夏季复相关系数分别是 0.449 ~ 0.742、0.528 ~ 0.754、0.446 ~ 0.688、0.470 ~ 0.686, 秋季复相关系数分别是 0.347 ~ 0.392、0.245 ~ 0.357、

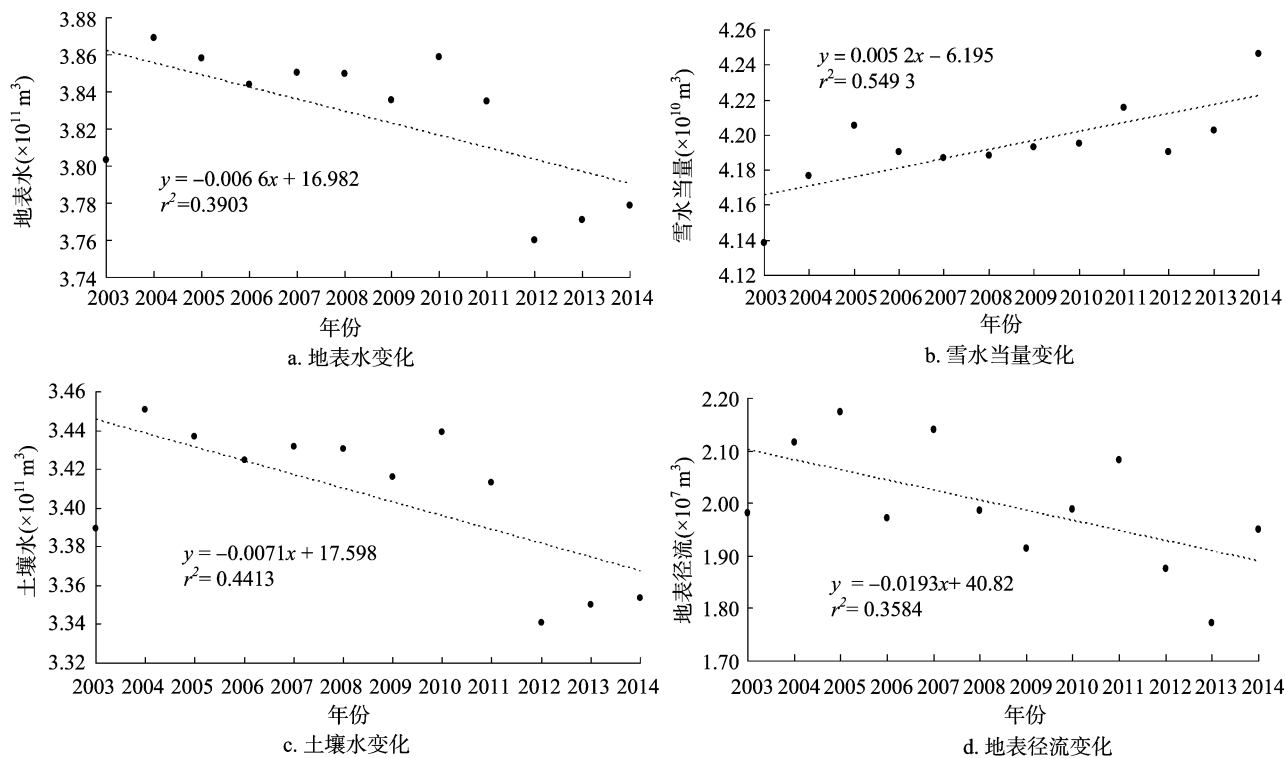


图8 乌江流域地表水年际变化趋势

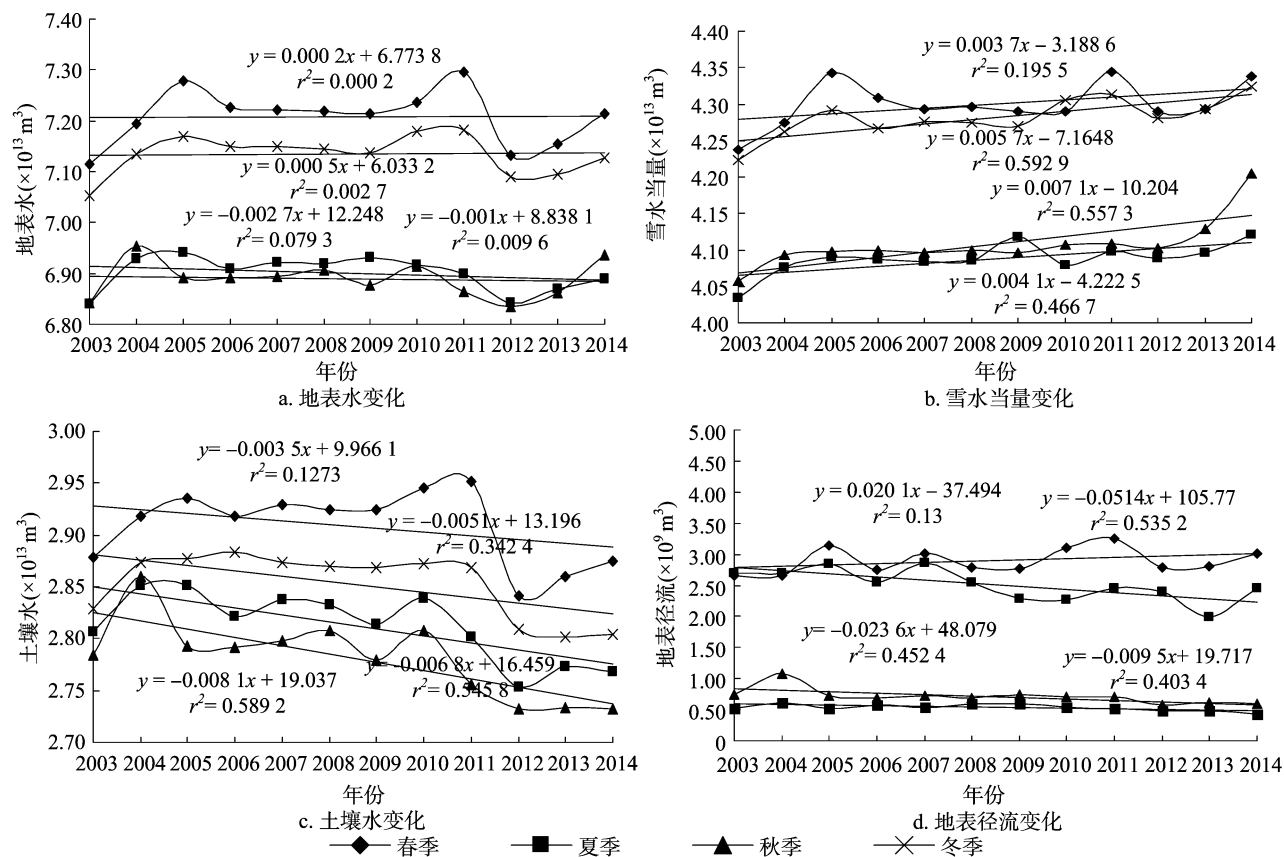


图9 乌江流域地表水季节变化趋势

0.344 ~ 0.385、0.331 ~ 0.362, 冬季复相关系数分别是 0.312 ~ 0.561、0.157 ~ 0.468、0.502 ~ 0.700、0.454 ~ 0.638。

年际变化中无显著相关像元。季节变化中, 春季 NDVI

与降水、地表水 $P < 0.05$ 的像元为 17.51%, 春季 NDVI 与降水、雪水当量 $P < 0.05$ 的像元为 62.72%, 春季 NDVI 与降水、土壤水 $P < 0.05$ 的像元为 17.51%, 春季 NDVI 与降水、地表

表 1 不同植被与降水、地表水偏相关系数(降水作为控制变量)

植被类型	季节	地表水	雪水当量	土壤水	地表径流
常绿针叶林	春季均 NDVI	0.337	0.587 *	0.068	0.488
	夏季均 NDVI	0.401	0.440	0.123	-0.097
	秋季均 NDVI	-0.143	0.044	-0.169	-0.109
	冬季均 NDVI	-0.328	0.244	-0.501	-0.453
	年均 NDVI	0.032	0.516	-0.356	0.194
常绿阔叶林	春季均 NDVI	0.368	0.496	0.130	0.384
	夏季均 NDVI	0.039	0.312	-0.164	-0.158
	秋季均 NDVI	0.085	0.085	0.014	0.076
	冬季均 NDVI	-0.431	0.268	-0.628 *	-0.543
	年均 NDVI	0.138	0.554	-0.270	0.264
灌丛	春季均 NDVI	0.485	0.536	0.272	0.552
	夏季均 NDVI	0.211	0.129	0.131	0.269
	秋季均 NDVI	-0.315	0.012	-0.306	-0.229
	冬季均 NDVI	-0.427	0.153	-0.559	-0.504
	年均 NDVI	-0.08	0.304	-0.239	0.307
草地	春季均 NDVI	0.257	0.492	-0.031	0.288
	夏季均 NDVI	0.262	0.398	0.008	-0.330
	秋季均 NDVI	0.111	0.051	0.065	0.090
	冬季均 NDVI	-0.323	0.389	-0.578 *	-0.547
	年均 NDVI	0.121	0.534	-0.273	0.257
耕地	春季均 NDVI	0.295	0.572	-0.042	0.488
	夏季均 NDVI	0.490	0.511	0.167	0.123
	秋季均 NDVI	-0.047	0.101	-0.123	-0.058
	冬季均 NDVI	-0.309	0.293	-0.508	-0.456
	年均 NDVI	0.031	0.606 *	-0.425	0.132

注:“*”表示在 0.05 水平上相关显著。下表同。

表 2 不同植被类型与地表水、降水复相关系数

植被类型	季节	地表水、 降水	雪水当 量、降水	土壤水、 降水	地表径 流、降水
常绿针叶林	春季均 NDVI	0.643	0.753 *	0.585	0.704 *
	夏季均 NDVI	0.742 *	0.754 *	0.688	0.686
	秋季均 NDVI	0.372	0.349	0.381	0.362
	冬季均 NDVI	0.330	0.246	0.502	0.454
	年均 NDVI	0.343	0.593	0.478	0.388
常绿阔叶林	春季均 NDVI	0.451	0.552	0.307	0.463
	夏季均 NDVI	0.449	0.528	0.471	0.470
	秋季均 NDVI	0.353	0.353	0.344	0.351
	冬季均 NDVI	0.561	0.468	0.700 *	0.638
	年均 NDVI	0.310	0.601	0.382	0.378
灌丛	春季均 NDVI	0.802 *	0.817 *	0.754 *	0.822 *
	夏季均 NDVI	0.557	0.538	0.539	0.574
	秋季均 NDVI	0.392	0.245	0.385	0.331
	冬季均 NDVI	0.428	0.157	0.560	0.505
	年均 NDVI	0.302	0.412	0.371	0.414
草地	春季均 NDVI	0.286	0.505	0.133	0.313
	夏季均 NDVI	0.504	0.571	0.446	0.535
	秋季均 NDVI	0.359	0.347	0.349	0.354
	冬季均 NDVI	0.380	0.435	0.603	0.575
	年均 NDVI	0.311	0.587	0.390	0.380
耕地	春季均 NDVI	0.445	0.640	0.351	0.575
	夏季均 NDVI	0.721 *	0.730 *	0.621	0.615
	秋季均 NDVI	0.347	0.357	0.363	0.348
	冬季均 NDVI	0.312	0.296	0.510	0.458
	年均 NDVI	0.350	0.667	0.530	0.370

径流 $P < 0.05$ 的像元为 62.72%; 夏季 NDVI 与降水、地表水呈显著相关的像元为 73.1%, 夏季 NDVI 与降水、雪水当量 $P < 0.05$ 的像元为 73.1%, 夏季 NDVI 与降水、土壤水呈显著相关的像元为 0, 夏季 NDVI 与降水、地表径流呈显著相关的像元为 0; 秋季变化无显著相关像元; 冬季 NDVI 与降水、地表水呈显著相关的像元为 0, 冬季 NDVI 与降水、雪水当量呈显著相关的像元为 0, 冬季 NDVI 与降水、土壤水 $P < 0.05$ 的像元为 0.6%, 冬季 NDVI 与降水、地表径流呈显著相关的像元为 0。12 年中地表水变化对乌江流域植被变化为促进作用, 雪水当量、土壤水和地表径流共同组成地表水, 土壤水和地表径流为主要影响因子, 在三者中地表径流对植被变化为促进作用, 土壤水为抑制作用, 整体来说地表径流变化的作用高于土壤水变化的作用。

3 结论

乌江流域喀斯特地貌发育显著, 在全球气候变暖的环境下, 植被覆盖与区域生态紧密相关。本研究以 2003—2014 年的 MODIS/NDVI、TRMM3B43 和 GLDAS 分析乌江流域植被覆盖变化与降水、地表水变化间的关系, 得出结论如下:

(1) 乌江流域 12 年中 NDVI 整体呈上升趋势, NDVI 均值从 2003 年的 0.594 2 上升至 2014 年的 0.636 1, 四季中夏季植被增加面积最多。NDVI 减少的区域集中在西部和中部城市范围内, 植被类型以耕地和常绿阔叶林为主; NDVI 增加区域集中在东部地区, 以灌丛和常绿针叶林为主, 常绿针叶林和灌丛对地表水变化的耐受力较高。乌江流域在以常绿针叶林为主要植被类型的地区, 要注重森林保护工作, 建立自然保护区, 营造乌江流域水土保持林。

(2) 季节不同植被变化与地表水变化关系不同。春季、夏季 NDVI 变化与地表水变化呈正相关, 秋季 NDVI 变化中, 常绿针叶林、灌丛、耕地 NDVI 与地表水呈负相关, 常绿阔叶林、草地 NDVI 与地表水呈正相关; 冬季 NDVI 变化与地表水变化呈负相关。冬季地表水上升变化会引起植被覆盖下降变化, 要推行抗寒能力强的植物种植, 增强区域生态自我调节能力。

(3) 植被不同对地表水变化响应亦不同, 春季、秋季灌丛 NDVI 与地表水复相关系数最高, 夏季常绿针叶林 NDVI 与地表水复相关系数最高, 冬季常绿阔叶林 NDVI 与地表水复相关系数最高。春季灌丛 NDVI 随地表水增加而增加, 夏季耕地 NDVI 随地表水增加而增加, 秋季灌丛 NDVI 随地表水增加而减少, 冬季常绿阔叶林 NDVI 随地表水增加而减少。构建研究区生态—经济—社会圈时, 要特别注意灌丛、耕地和常绿阔叶林带来的生态效益, 关键在于乌江流域植被合理布局。

参考文献:

[1] 郑伟, 王中美. 贵州喀斯特地区降雨强度对土壤侵蚀特征的影响[J]. 水土保持研究, 2016, 23(6): 333—339.

[2] 吴盼, 冯雨晴, 梁四海, 等. 基于 GLDAS 与 TVDI 降尺度反演土壤含水量[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2016, 52(3): 265—270.

[3] Kędzior M, Zawadzki J. Comparative study of soil moisture estimations from SMOS satellite mission, GLDAS database, and cosmic-ray

丁 茜,付梅臣,王 力. 基于转移矩阵的重庆市北碚区土地利用变化分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):198-204.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.051

基于转移矩阵的重庆市北碚区土地利用变化分析

丁 茜¹,付梅臣¹,王 力²

(1. 中国地质大学土地科学技术学院,北京 100083; 2. 中国科学院遥感与数字地球研究所遥感科学国家重点实验室,北京 100101)

摘要:获取土地利用/覆被变化定量信息对于土地管理和规划、促进可持续发展有重要意义。以重庆市北碚区 2000、2005、2010、2015 年的 landsat TM 影像为基本数据源,采用监督分类的方法获得了北碚区 4 个时相的土地利用数据,建立土地利用转移矩阵,从年均变化强度、地类动态度、地类转变强度及倾向度 3 个层次构建指标,深入挖掘土地利用变化信息,分析北碚区 15 年土地利用的变化速率、转变强度及变化趋势。结果表明:2000—2015 年重庆市北碚区的土地利用发生明显变化,变化强度呈递增趋势;各类用地在不同时段内变化分异较大,变化相对剧烈的地类主要是建设用地和耕地,耕地减少的强度与城市扩张速度呈正相关;地类综合动态度与地类占研究区面积的比例有关,单一动态度则反映地类自身的变化情况;地类转变强度和倾向度分别挖掘了地类变化的直观和潜在转变信息,二者结合更能全面地分析地类的来源与转向的情况。

关键词:土地利用变化;转移矩阵;遥感监测;重庆市北碚区

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0198-07

土地利用/覆被变化(LUCC)是全球气候变化和可持续发展研究领域关注的核心问题,也是人类活动与自然环境相互作用最直接的表现形式^[1-2]。研究区域系统内的土地利用结构变化规律,对土地利用调控、合理利用土地、促进区域社会经济发展具有重要意义^[3]。当前国内外土地利用变化研究主要涉及 3 个方面:一是土地利用演化规律研究^[4-15],包括数量和空间演变规律;二是引起土地利用变化的驱动机理分析^[16-19];三是基于变化过程构建有关模型模拟预测土地利用演化^[3-4,20-24]。土地利用动态过程监测是驱动力分析和模

拟预测的基础,对深入开展土地利用变化研究具有重要意义。

土地利用转移矩阵反映了一个区域在 2 个时点间土地利用变化的数量结构特征与各用地类型变化的方向,因而在土地利用变化和模拟分析中具有重要意义,并得到广泛应用^[6]。传统的土地利用转移矩阵应用集中在直接分析土地利用类型面积的变化信息,其中又以土地利用类型面积的净变化、总变化以及动态度分析为主^[7],不能全面而深入挖掘土地利用变化的过程潜在信息。

近年来,重庆市北碚区社会经济快速增长,重大基础设施建设导致土地利用格局变化具有典型性,有重要研究价值。本研究以重庆市北碚区为例,引入土地利用年均变化强度、地类动态度、地类转变强度及倾向度的分析计算方法,从 3 个层次对土地利用变化过程进行分析,并判断土地利用变化强度与倾向性的规则,以期有效获取北碚区土地利用类型动态变化信息以及为土地利用空间分析和预测建模提供有效信息。

收稿日期:2016-09-18

基金项目:国家“863”计划(编号:2014AA06A511);国家科技重大专项(编号:20-Y30B17-9001-14/16)。

作者简介:丁 茜(1993—),女,湖南湘潭人,硕士研究生,主要从事土地资源评价与利用规划研究。E-mail:dingqian2011@163.com。
通信作者:付梅臣,教授,主要从事土地利用和复垦研究。E-mail:fumeichen@cugb.edu.cn。

neutrons measurements at COSMOS station in Eastern Poland[J].
Geoderma,2016,283:21-31.

[4] Bi H Y, Ma J W, Zheng W J, et al. Comparison of soil moisture in GLDAS model simulations and *in situ* observations over the Tibetan Plateau[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres,2016,121(6):2658-2678.

[5] 王 文,汪小菊,王 鹏. GLDAS 月降水数据在中国区的适用性评估[J]. 水科学进展,2014,25(6):769-778.

[6] Li D Y, Zhao T J, Shi J C, et al. First evaluation of aquarius soil moisture products using *in situ* observations and GLDAS model simulations[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,2015,8(12):5511-5525.

[7] Tian H J, Cao C X, Chen W, et al. Response of vegetation activity dynamic to climatic change and ecological restoration programs in Inner

Mongolia from 2000 to 2012[J]. Ecological Engineering,2015,82(4):276-289.

[8] Badreldin N, Frankl A, Goossens R. Assessing the spatiotemporal dynamics of vegetation cover as an indicator of desertification in Egypt using multi-temporal MODIS satellite images[J]. Arabian Journal of Geosciences,2014,7(11):4461-4475.

[9] 丁文荣. 滇东南喀斯特地区植被覆盖变化及其影响因素[J]. 水土保持研究,2016,23(6):227-231.

[10] 袁沫沙,邹 玲,林爱文,等. 湖北省地区植被覆盖变化及其对气候因子的响应[J]. 生态学报,2016,36(17):5315-5323.

[11] 李 威,蒋 平,赵卫权,等. TRMM 卫星降水数据在喀斯特山区的适用性分析——以贵州省为例[J]. 水土保持研究,2016,23(1):97-102.