

任扬航,马明国,张震,等.典型喀斯特石漠化地区植被动态监测与土地利用变化的影响分析[J].中国岩溶,2016,35(5):550-556.  
DOI:10.11932/karst20160511

## 典型喀斯特石漠化地区植被动态监测与 土地利用变化的影响分析

任扬航<sup>1</sup>,马明国<sup>1</sup>,张震<sup>2</sup>,蔡悦<sup>1</sup>,游茂超<sup>1</sup>

(1. 西南大学地理科学学院/岩溶环境重庆市重点实验室,重庆 400715; 2. 中国科学院遥感与数字地球研究所,北京 100094)

**摘 要:**基于 2001 至 2014 年 MOD13Q1 数据集、数字地面高程数据以及中梁山地区多期土地覆盖数据,进行植被覆盖度(FVC)估算及其变化趋势模拟、多期土地利用转移矩阵分析,探讨中梁山地区植被覆盖度动态变化特征、土地利用的时空变化特征以及土地利用和地形同植被覆盖度间的响应机制。研究结果表明:中梁山 76.69% 的区域为植被改善区,退化区面积占总面积的 10.12%,存在明显的改善趋势,生态情况得到良好恢复;人类活动对中梁山区域影响方式主要表现为耕地向林地和建设用地转化的特点;植被生长趋势的空间异质性与坡度有关,坡陡区植被改善面积约为退化面积的 14 倍,缓坡区仅为 7 倍;植被退化现象受人览活动的影响较大,而人类晃动对植被改善影响较小,植被改善主要与植物的自然生长演替有关。

**关键词:**石漠化;植被覆盖度;趋势分析;转移矩阵

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2016)05-0550-07

### 0 引 言

石漠化是指在热带、亚热带湿润、半湿润气候条件和喀斯特极其发育的自然背景下,受人为活动干扰,使地表植被月受破坏,导致土壤严重流絮,基岩大面积裸露或砾石堆积的土地退化现象,是喀斯特地区土地退化的极端形式<sup>[1]</sup>。我国西南地区位于世界三大连片喀斯特发育区之一的东亚片区中心,面积约 54 万 km<sup>2</sup>,贫困人口相对集中<sup>[2]</sup>。

石漠化带来的土地生产力下降,使其已成为制约区域经济发展的一个重大生态问题<sup>[3]</sup>,近氛来,石漠化地区大力开展了石漠化综合治理简作,取得了丰硕的成果,石漠化生态系统得到了改善<sup>[4]</sup>。目前,不少专家学者就石漠化的成因<sup>[5-6]</sup>、空间格局<sup>[7-8]</sup>、防治措施<sup>[6,9]</sup>、驱动机制<sup>[9-10]</sup>等方面作了大量的研究,取得了不少成果。其中,定量分析自然因素和人文因

素,特别是后者对石漠化的影响,是未来石漠化研究的趋势<sup>[11]</sup>。低植被覆盖率、基岩裸露是石漠化地区最直观现象,人为活动是最重要的驱动力<sup>[12-13]</sup>。植被覆盖率(Fractional Vegetation Cover, FVC)作为石漠化的重要表征指标<sup>[14]</sup>,已被许多学者广泛应用于不同角度的生态学研究中,如利用 FVC 进行植被时空变化特征研究<sup>[15-16]</sup>、分析其对气候变化的响应<sup>[17-18]</sup>、探讨植被变化的驱动因子<sup>[19]</sup>等。西南喀斯特石漠化地区地形复杂,植被覆盖度变化情况往往受地形的不同产生空间异质性。在诸多环境要素变化中,土地利用变化(Land Use and Land Cover CHange, LUCC)与植被覆盖度的变化密切相关,因此 LUCC 对于植被动态监测结果的分析有着重要影响。

本文基于 2001 至 2014 年 MOD13Q1 数据集以及中梁山地区多期土地覆盖数据,进行植被覆盖度估算及其变化趋势模拟、多期土地利用转移矩阵分析,

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助(XDJK015B021);中国科学院大福生创新实践训练计划(Y5Y01106QM);中央高校基本业务费学生双创项目(XDJK2016E024)

第一作者简介:任扬航(1996-),女,本科,主要从事环境遥感与 GIS 应用。E-mail:ryH1996swu@163.com。

通信作者:马明国(1976-),男,教授,主要从事生态与陆面过程遥感研究。E-mail:mmg@swu.edu.cn。

收稿日期:2016-07-24

探讨此地区植被覆盖度动态变化特征、土地利用的时空变化特征以及土地利用和地形同植被覆盖度间的响应机制。对中梁山地区的生态恢复治理现状开展遥感监测和评估,有利于该区生态环境的保护和经济的健康发展,符合国家倡导的可持续发展原则,也可作为西南地区其他石漠化区域的治理提供借鉴经验。

## 1 研究区概况

研究区为位于西南喀斯特地区的中梁山脉,山脉

贯穿该区重庆市北碚区及沙坪坝区,地理位置介于东经  $106^{\circ}20' \sim 106^{\circ}35'$  与北纬  $29^{\circ}35' \sim 29^{\circ}55'$  之间(图 1),年均温度  $18^{\circ}\text{C}$  海拔在  $500 \sim 700 \text{ m}$ ,年均降水量  $1\ 100 \text{ mm}$  左右。其地势北高南低,坡面较陡,易发生水土流失,经喀斯特作用后形成喀斯特槽谷,组成“一山三岭两槽”的构造地貌格局。生态环境脆弱,已经出现了轻、中度石漠化问题。以中梁镇为例,村域总面积为  $4.75 \text{ km}^2$ ,乱石荒山约占  $1 \text{ km}^2$ ,由于石漠化导致此地区土地生产骤急剧下降,生存条件恶劣,区域经济发展十分缓慢。

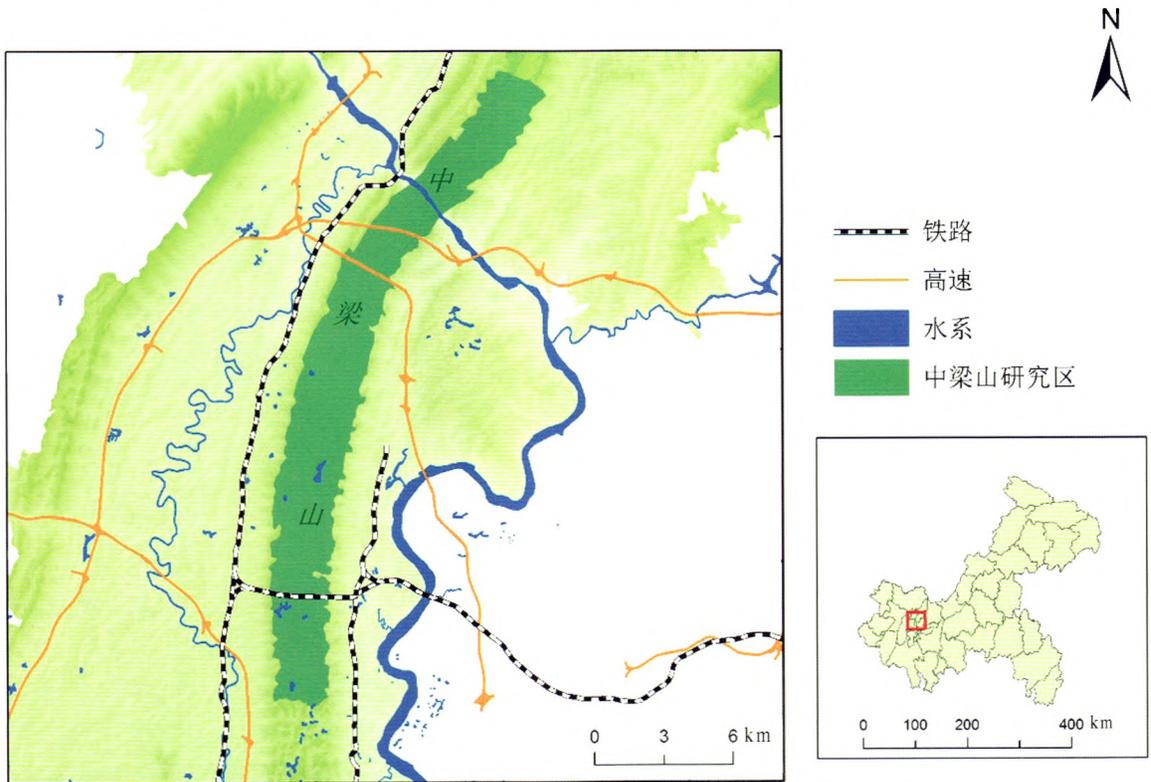


图 1 中梁山研究区位置示意图

Fig. 1 Sketch map showing location of Zhongliang mountains

## 2 数据收集与处理

### 2.1 数据来源

本文所使用的遥感数据来自于美国 NASA 数据中心发布的 16 天一次的归一化差值植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)合成 MOD13Q1V006 版数据产品,空间分辨率为  $250 \text{ m}$ ,时间序列为 2001—2014 年。该数据已经进行了辐射定标、云检测、大气订正、表面各向异性修正角度订正、网格化投影等处理过程,增强了对植被的敏

度<sup>[20]</sup>。分析之前,对获得的影像数据进行了裁剪、投影转换及研究区提取等处理,并利用中值迭代(Mean-value Iteration, MVI)的方法进行时间系列重建<sup>[21]</sup>,由于年 NDVI 最大值可反映当年植被的最大丰度,且可消除云层的影响,因而本文利用最大值合成(Maximum Value Composite, MVC)法<sup>[22]</sup>,将全年 23 期的数据进行最大化合成,以当年最好植被生长水平代表全年植被状况,获得 NDVI 时间序列数据集。DEM 数据来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)发布的 GDEMDEM 数字高程数

据产品,空间分辨率为30 m。

土地利用数据来自全国土地调查成果,考虑数据的准确性及可行性,收集2005年及2014年数据用以分析研究区土地利用变化。其中,2005年数据成果由第一次土地调查数据(1996年)逐年变更而来,2014年土地利用数据由2013年1月SOPT遥感影像解译得到,空间分辨率为2.5 m,其中,SOPT数据无法覆盖或质量较差的区域,利用同时期0.5 m分辨率的World View数据作为补充。解译之前,对遥感影像进行辐射校正、几何校正及空间配准等预处理,并对内业解译后的结果进行外业核实、调查补测,最终得到空间分辨率优于2.5 m的中梁山地区土地利用数据。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 利用NDVI估算植被覆盖度

根据像元二分模型的原理,遥感传感器所观测到的信息 $S$ ,可线性分解为由绿色植被部分所贡献的信息 $S_v$ 与由裸土部分所贡献的信息 $S_s$ 两部分<sup>[23]</sup>。计算植被覆盖度的公式如下:

$$FVC = \frac{S - S_{soil}}{S_{veg} - S_{soil}} \quad (1)$$

式中, $S_{veg}$ 为全部由植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息, $S_{soil}$ 则是全部被裸土覆盖纯像元的遥感信息。

Qi J等<sup>[24]</sup>使用NDVI植被指数代入此模型,得到:

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (2)$$

式中, $NDVI_{soil}$ 为完全为裸土或无植被覆盖区域的NDVI值, $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖像元的NDVI值,即纯植被像元的NDVI值,NDVI为MVC最大化合成所取得的年际最大化NDVI。在实际工作中由于缺少大面积地表实测数据作参考,因此本研究结合图像实际情况选取置信区间范围内对应的NDVI值,以 $NDVI_{soil} = 0.1$ <sup>[25]</sup>, $NDVI_{veg} = 0.8$ 来估算植被覆盖度FVC<sup>[26]</sup>。

### 2.2.2 植被覆盖度动态变化分析

Stow D等<sup>[27]</sup>采用一元线性回归来分析每个栅格像元的变化趋势,模拟植被的绿度变化率(Greenness Rate of Change, GRC)。

本文同样采用此方法来模拟每个栅格FVC的年际变化趋势,计算公式为:

$$Slope = \frac{n \times \sum_{j=1}^n j \cdot y - \sum_{j=1}^n j \sum_{j=1}^n y}{n \times \sum_{j=1}^n j^2 - (\sum_{j=1}^n j)^2}$$

式中:变量 $j$ 为1-14的年序号, $y$ 表示第 $j$ 年的植被覆盖度。其中, $Slope$ 为正,则说明植被覆盖度在14 a间的变化趋势是增加的,反之则是减少的; $Slope$ 的绝对值越大,则植被覆盖度在14 a的时间内变化幅度越大,反之则越小。

### 2.2.3 土地利用类型转移矩阵

土地利用类型转移矩阵能反映区域土地利用变化的结构特征与各用地类型变化的方向<sup>[28]</sup>,其数学表达形式为:

$$S_{ij} = \begin{Bmatrix} S_{11} & S_{11} & \cdots & S_{1j} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2j} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{i1} & S_{i2} & \cdots & S_{ij} & \cdots & S_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nj} & \cdots & S_{nn} \end{Bmatrix}$$

式中: $S$ 代表面积, $n$ 代表土地利用的类型数, $i, j$ 分别代表研究初期与研究末期的土地利用类型。

本文利用叠加分析工具,将中梁山地区2005年、2014年的土地利用图进行分析,建立土地利用转移矩阵二维表。

## 3 结果与分析

### 3.1 植被生长趋势变化分析

从近14 a中梁山地区FVC变化趋势的结果(图2)中可看出在大田坎、张家湾以及大柏树等地,FVC的变化趋势呈明显上升趋势,说明在这14 a中这些区域的植被情况得到比较好的改善,而在三官殿、白虾井以及竹林堡等地区,FVC呈下降趋势,即在这些地区植被情况退化严重。

根据表1统计数据,植被情况得到改善的地区要比植被状况退化的地区面积要大,研究区整体生态环境得到改善。其中,中梁山地区植被改善区域的面积为总面积的76.69%,退化地区的面积占总面积的10.12%。

依据Speight J G<sup>[29]</sup>的研究成果,将研究区内坡度划分为五个等级,统计各等级坡度区的植被生长趋势(图3)。统计结果显示,不同坡度区植被生长趋势

情况各不相同,说明植被生长趋势的空间异质性与坡度有关。近 14 a 来,陡坡及以上坡度区域 82.26% 的面积植被呈改善趋势,且植被改善区面积约为植被退化区面积的 14 倍;平缓坡及斜坡区域植被改善面积大约为 74.49%,改善区面积为退化区面积的 6 倍;坡度较陡区域植被改善情况优于地形平缓区域。其

原因,一方面坡度较陡区域由于易发生水土流失,坡耕地多被撂荒,处于自然恢复状态,加之研究区湿热多雨的气候特征,撂荒地植被改善情况十分可观,另一方面政府退耕还林政策的实施激励了坡耕地的植被恢复与重建。

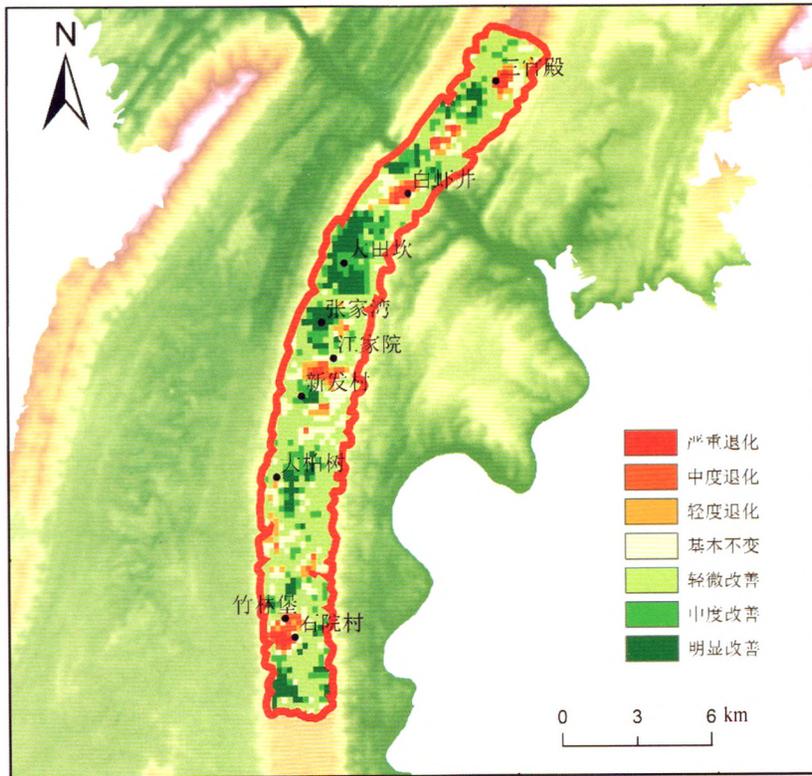


图 2 2001—2014 年中梁山 FVC 变化趋势

Fig. 2 Trend of FVC variation in Zhongliang mountains from 2001 to 2014

表 1 近 14 年 FVC 变化趋势结果统计

Table 1 Statistics of trends of FVC variation simulated for the past 14 years

FVC 变化趋势	程度	面积/ km <sup>2</sup>	面积百分比/ %
$Slope \leq -0.012$	严重退化	1.247	1.75
$-0.011 \leq Slope \leq -0.005$	中度退化	2.802	3.93
$-0.004 \leq Slope \leq -0.003$	轻度退化	3.166	4.44
$-0.002 \leq Slope \leq 0.002$	基本不变	9.398	13.18
$0.003 \leq Slope \leq 0.009$	轻微改善	43.187	50.33
$0.010 \leq Slope \leq 0.012$	中度改善	35.888	13.04
$Slope \geq 0.013$	明显改善	9.505	13.33

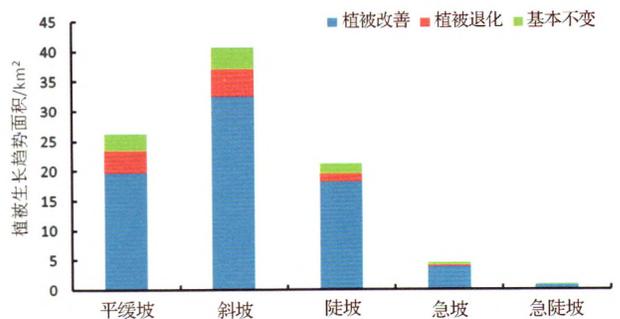


图 3 不同坡位 FVC 变化趋势

Fig. 3 Trend of FVC variation of different slope positions  
注:平缓坡,坡度 $<6^\circ$ ;斜坡,坡度为 $6^\circ \sim 15^\circ$ ;陡坡,坡度为 $15^\circ \sim 25^\circ$ ;急坡,坡度为 $25^\circ \sim 35^\circ$ ;急陡坡,坡度 $>35^\circ$ 。

### 3.2 土地利用时空变化分析

人类改变地球表面景观的时空动态过程可以通过土地利用变化来记录,结合表2及图4数据,人类活动所引导土地利用类型转移方向主要表现出以下特点:

2005—2014年,土地利用类型未发生变化的地

区约占中梁山区域总面积的56.9%,即43.1%的区域出现土地利用类型的转移。其中,建设用地和林地增加最为显著,分别增加2.412 km<sup>2</sup>、2.391 km<sup>2</sup>,都主要由耕地转化而来;减少最为显著的是耕地,减少了3.382 km<sup>2</sup>,主要转为建设用地、林地和园地。这可能和城市扩张、退耕还林以及耕地撂荒等事件有关。

表2 中梁山地区(2005—2014年)土地利用类型转移矩阵

Table 2 Land use transfer matrix in Zhongliang mountains from 2005 to 2014

单位:km<sup>2</sup>

2014 2005	草地	耕地	工矿仓储用地	建设用地	林地	水体	未利用地	园地	总计
草地	0.025	0.114	0.011	0.025	0.116	0.009	0.001	0.126	0.426
耕地	0.066	16.734	0.832	3.803	4.361	0.360	0.575	1.897	28.629
工矿仓储用地	0.000	0.910	0.246	0.534	0.323	0.054	0.078	0.153	2.298
建设用地	0.004	2.034	0.048	0.797	0.513	0.084	0.021	0.451	3.951
林地	0.070	2.617	0.307	0.513	18.021	0.107	0.351	1.855	23.841
水体	0.000	0.319	0.010	0.169	0.055	0.467	0.058	0.056	1.134
未利用地	0.000	0.424	0.145	0.081	0.704	0.048	0.347	0.226	1.975
园地	0.026	2.095	0.227	0.441	2.139	0.043	0.155	3.925	9.053
总计	0.191	25.247	1.826	6.363	26.232	1.171	1.587	8.688	71.306

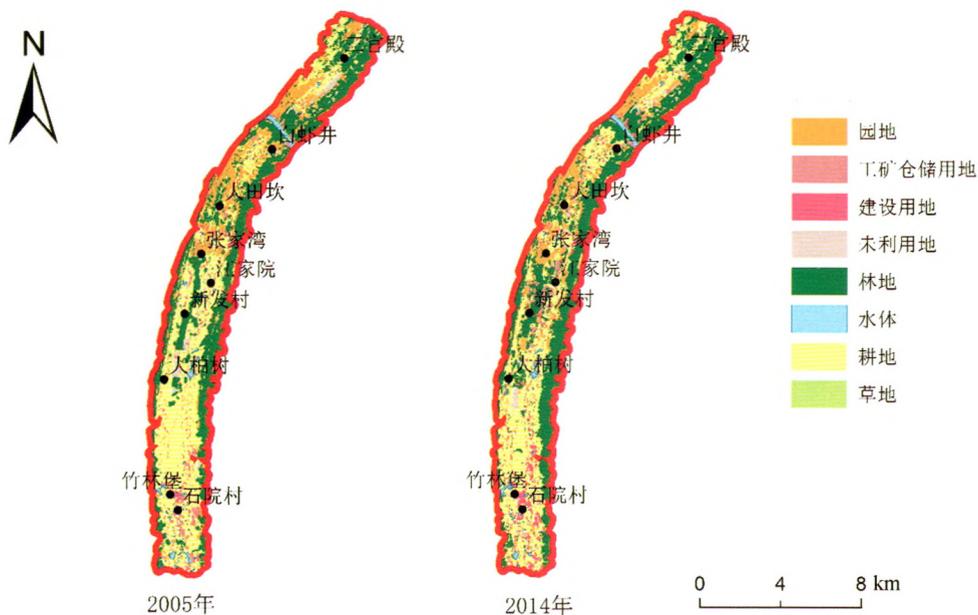


图4 2005、2014年中梁山地区土地利用图

Fig. 4 Land use types in Zhongliang mountains in 2005 and 2014

2005—2014年,人类活动对中梁山区域影响方式主要表现为耕地、建设用地和林地的土地利用类型之间的空间转换,影响方向呈现出耕地向林地和建设用地转化的特点,变化主要集中分布在江家院、新发村和竹林堡等区域。

### 3.3 人类活动与植被变化的影响机制分析

植被生长受自然和人为两方面的影响,其中人类的活动与植被变化有着密不可分的关系,分析植被覆盖变化区域的土地利用情况,对于我们探讨人类活动对植被变化以及石漠化治理的影响有很大帮助<sup>[30]</sup>。

结合图 2 及图 4 对植被覆盖退化区土地利用情况进行统计得到,耕地为植被退化区域的主要地类,坡耕地(坡度 $>6^\circ$ )<sup>[31]</sup>占耕地总面积的 55.2%,区域内 52.9%的面积出现土地利用转移变化,高于整体 43.1%的比例。其中人类活动使得 0.579 km<sup>2</sup>的耕地转移为建设用地,0.274 km<sup>2</sup>的耕地转为工矿仓储用地,园地转为耕地有 0.289 km<sup>2</sup>。上述数据说明,植被退化受人类活动影响较大:一方面人类的的活动,使得耕地成为该区域主要地类,且植被退化区耕地多为坡耕地,极易发生水土流失<sup>[31]</sup>,从而导致地表植被遭受破坏、基岩大量裸露;另一方面,随着城市化建设的不断加快,耕地、园地减少,建设用地增加<sup>[32]</sup>,特别是采石场的大量增加,使得该区域生态环境植被覆盖率降低。

结合图 2 及图 4 对植被覆盖改善区土地利用情况进行统计得到,林地是植被改善区域的主要地类,区域内 42.8%的面积出现土地利用转移变化,略低于整体 43.1%的比例。上述数据说明,植被改善受人类活动影响较小,其原因一方面研究区湿润多雨的自然条件使大面积林地得到良好生长,另一方面,居民外出打工导致的土地撂荒情况使得植被处于自然恢复状态。

从研究结果看,植被退化现象受人类活动的影响较大,而人类活动对植被改善影响较小,植被改善主要与植物的自然生长有关。

#### 4 结论与建议

(1)利用时间系列 250 m MOD13Q1 数据,取其 NDVI 估算植被覆盖度,可有效动态监测中梁山地区植被覆盖年际变化。

(2)中梁山地区植被得到改善的地区要比植被退化的地区面积要大,存在明显的改善趋势,生态情况得到良好恢复。

(3)人类活动对中梁山区域影响方式主要表现为耕地向林地和建设用地转化的特点。

(4)植被生长趋势的空间异质性与坡度有关,不同坡度区植被生长趋势情况各不相同,陡坡区域植被改善情况优于平缓区域。

(5)植被退化现象受人类活动的影响较大,而人类活动对植被改善影响较小,植被改善主要与植物的自然生长演替有关。

(6)遥感监测为展开石漠化时空格局演变及其与人类活动间的影响机制研究提供了数据支撑,其本身

的技术和方法也是石漠化研究的一个热点。目前,用于石漠化遥感监测的方法还比较传统,没有从较长的时间段内追踪石漠化的变化过程,因而还需要进一步对其进行探讨。其中,基于中高分辨率遥感数据,与石漠化格局、过程与成因的定量分析相结合,是未来石漠化研究的发展趋势。

#### 参考文献

- [1] 国家林业局. 中国石漠化状况公报[N]. 中国绿色时报, 2012-06-18(3).
- [2] 杨苏新, 张霞, 帅通, 等. 基于混合像元分解的喀斯特石漠化地物丰度估测[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(5): 823-832.
- [3] 盛茂银, 刘洋, 熊康宁. 中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(19): 6303-6313.
- [4] 陈圣子, 周忠发, 闫利会. 基于网格 GIS 的喀斯特石漠化治理过程中生态系统健康变化诊断: 以贵州花江示范区为例[J]. 中国岩溶, 2015, 34(3): 266-273.
- [5] 李阳兵, 王世杰, 李瑞玲, 等. 花江喀斯特峡谷地区石漠化成因初探[J]. 水文地质工程地质, 2004, (6): 37-42.
- [6] 苏维词, 杨华, 李晴, 等. 我国西南喀斯特山区土地石漠化成因及防治[J]. 土壤通报, 2006, 37(3): 447-451.
- [7] 马士彬, 张勇荣, 安裕伦. 基于 Logistic-CA-Markov 模型的石漠化空间变化规律研究[J]. 中国岩溶, 2015, 34(6): 591-598.
- [8] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 喀斯特石漠化的遥感-GIS 典型研究: 以贵州省为例[M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [9] 胡宝清, 严志强, 廖赤眉, 等. 喀斯特石漠化与地质-生态环境背景的空间相关性分析: 以广西都安瑶族自治县为例[J]. 热带地理, 2004, 24(3): 226-230.
- [10] 李阳兵, 王世杰, 周梦维, 等. 不同空间尺度下喀斯特石漠化与坡度的关系[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 70-72, 77.
- [11] 姚永慧. 中国西南喀斯特石漠化研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2014, 33(1): 76-84.
- [12] 曹建华, 袁道先, 童立强. 中国西南岩溶生态系统特征与石漠化综合治理对策[J]. 草业科学, 2008, 25(9): 40-50.
- [13] 肖华, 熊康宁, 张浩, 等. 喀斯特石漠化治理模式研究进展[J]. 中国人口·资源与环境, 2014(S1): 330-334.
- [14] Eva N, John W, Anthony J. The stability of vegetation boundaries and the propagation of desertification in the American Southwest: A modelling approach. Ecological Modelling, 2007, 208(2-4): 96-101.
- [15] 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.
- [16] 陈效速, 王恒. 1982-2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J]. 地理学报, 2009, 64(1): 84-94.
- [17] 时忠杰, 高吉喜, 徐丽宏, 等. 内蒙古地区近 25 年植被对气温和降水变化的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20(11): 1594-1601.
- [18] 许旭, 李晓兵, 梁涵玮, 等. 内蒙古温带草原区植被覆盖度变化及其与气象因子的关系[J]. 生态学报, 2010, 30(14): 3733-3743.
- [19] 周洪建, 王静爱, 岳耀杰, 等. 人类活动对植被退化/恢复影响的空间格局: 以陕西省为例[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4847-4856.
- [20] 刘荣高, 刘洋, 刘纪远. MODIS 科学数据处理研究进展[J]. 自然科学进展, 2009, 19(2): 141-147.

- [21] Ma M G, Veroustraete F. Reconstructing pathfinder AVHRR land NDVI time-series data for the Northwest of China, *Advances in Space Research*, 2006, 37(4): 835-840.
- [22] Holben, B N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, 7 (11):1417-1434.
- [23] Settle J J, Drake N A. Linear Mixing and the estimation of ground cover proportions[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1993, 14(6):1159-1177.
- [24] Qi J, Marsett 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.
- [25] Zhou L, Tucker C, Kaufmann R, et al. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999 [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2001, 106(D17):20069-20083.
- [26] Bradley C R C. The influence of canopy green vegetation fraction on spectral measurements over native tallgrass prairie [J]. *Remote Sensing of the Environment*, 2002, 81(1): 129-135.
- [27] Stow D, Hope A, McGuire D, et al. Remote sensing of vegetation and land-cover change in Arctic Tundra Ecosystems[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 89(3): 281-308.
- [28] Li X, Lu L, Cheng G D, et al. Quantifying landscape structure of the Heihe River Basin, northwest China using FRAGSTATS. *Journal of Arid Environments*, 2001, 48 (4): 521-535.
- [29] Speight J G. Field description of landforms for Australian soil and land surveys [M]. CSIRO Institute of Biological Resources, Division of Water and Land Resources, 1983.
- [30] 熊平生, 袁道先, 谢世友. 我国南方岩溶山区石漠化基本问题研究进展[J]. *中国岩溶*, 2010, 29(4): 355-362.
- [31] 全国农业区划委员会. 土地利用现状调查技术规程[M]. 北京: 测绘出版社, 1984.
- [32] 刘胜峰, 张合平. 长株潭地区耕地压力的时空变化及驱动因素分析[J]. *中国岩溶*, 2015, 34(3): 274-280.

## Dynamic monitoring of vegetation and the impact of land use/cover change in the typical karst rocky desertification areas

REN Yanghang<sup>1</sup>, MA Mingguo<sup>1</sup>, ZHANG Xia<sup>2</sup>, CAI Yue<sup>1</sup>, YOU Maochao<sup>1</sup>

(1. School of Geographical Science/Changqing Key Laboratory of Karst Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;  
2. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Science, Beijing 100094, China)

**Abstract** The study area is located in the Zhongliang mountains of karst areas in southwestern China. Its mean annual temperature is 18 °C, average annual rainfall is about 1,100 mm and height is about 500 m to 700 m. The terrain in the north side is higher than the south with steep slopes prone to soil erosion. Taking Zhongliang town for example, its total area is 4.75 km<sup>2</sup>, of which barren mountains account for 1 km<sup>2</sup>. As rocky desertification results in soil productivity sharply decline, regional economic develops slowly with hostile survival condition. Based on the dataset of MOD13Q1 from 2001 to 2014, digital terrain elevation data and the multi-period land use data, the Fractional Vegetation Cover (FVC) degree was estimated with the dimidiate pixel model in the typical karst rocky desertification areas. The vegetation cover variation tendency was simulated by the linear regression. We carried out the transformation matrix of land use, made comparison of land use changes before and after management, and analyzed the statistical characteristics of land use changes in vegetation change regions. Then the spatial-temporal variation characteristics of FVC and land use and the response mechanism between FVC and land use, terrain were discussed in detail.

The results indicate that the percentage of areas with increasing vegetation cover is 76.69%, while the area with decreasing vegetation cover accounts for 10.12% of the total area. There is obvious improvement tendency and the ecological regime also recovers greatly. The transformation matrix between 2005 and 2014 shows that human beings activity is the main driving factor and the cultivated land to woodland and construction land are the main transformation types in Zhongliang mountains. The phenomenon of vegetation degeneration has been affected extremely by human activity. The vegetation improvement, barely influenced by human beings activity, is mainly related to the natural restoration.

**Key words** rocky desertification, fractional vegetation cover, trend analysis, transformation matrix

(编辑 黄晨晖)