

# Study on the Change of Vegetation Coverage of Chuxiong City from 2002 to 2016 Based on Landsat Image

Qian Yang, Wujun Xi

College of Geography and Tourism Management, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan  
Email: 1747253162@qq.com, absxwj@163.com

Received: Jun. 1<sup>st</sup>, 2018; accepted: Jun. 19<sup>th</sup>, 2018; published: Jun. 26<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on Landsat satellite images, this paper extracted the change of vegetation cover from 2002 to 2016 in Chuxiong City. The results showed that the vegetation cover of Chuxiong City was mostly covered by high vegetation coverage, accounting for 54.03%, 52.76%, 54.72%, 54.66%, and 78.14% respectively in 2002, 2005, 2009, 2013, and 2016, followed by medium vegetation coverage, medium and low vegetation coverage, low vegetation coverage and barren vegetation coverage. In the past fifteen years, barren vegetation coverage, low vegetation coverage and medium and low vegetation coverage have dramatically reduced after fluctuation, while the area of change in medium vegetation coverage was small.

## Keywords

Vegetation Coverage, Landsat Satellite Images, NDVI, Chuxiong City, Change Detection

---

# 基于Landsat影像的楚雄市2002~2016年植被覆盖度变化研究

杨 钱, 席武俊

楚雄师范学院地理科学与旅游管理学院, 云南 楚雄  
Email: 1747253162@qq.com, absxwj@163.com

收稿日期: 2018年6月1日; 录用日期: 2018年6月19日; 发布日期: 2018年6月26日

## 摘要

本文基于Landsat卫星影像,提取了楚雄市2002至2016的植被覆盖度变化状况。结果表明:楚雄市植被覆盖大部分是高植被覆盖分布,2002、2005、2009、2013、2016年分别占比54.03%、52.76%、54.72%、54.66%、78.14%,其次为中、中低、低、裸地植被覆盖。十五年来,裸地、低植被覆盖、中低植被覆盖大幅度减少,中植被覆盖变化面积不大。

## 关键词

植被覆盖度, Landsat卫星影像, NDVI, 楚雄市, 变化检测

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

植被——一般是指在某一区域内森林、草原、农作物、灌丛等所有覆盖地表的植物群落的总称[1],它和气候条件、动物、水文、自然灾害等自然因素密切相关。植物是与人类生存息息相关的自然资源之一,在环境变化研究中被称为“指示器”[2]。

植被覆盖度——一般是指地上植物冠层(包括叶、茎、枝等各部分)的垂直投影面积和研究区域内土壤总面积的比值[3]。已有的研究指出,植被覆盖度常用来显示区域内植物群落覆盖茂密程度[4]。

### 1.1. 选题意义

随着对全球变化研究的深入,用遥感的方法来监测区域的植被指数越来越成为主要的研究方向,基于Landsat卫星影像提取植被覆盖度进而分析特定区域的植被覆盖度变化状况的研究也越来越多,但还未有前人做过楚雄市的课题。

笔者利用陆地资源卫星5时相Landsat影像资料,在ENVI5.3软件的支持下,通过提取归一化植被指数来估算楚雄市2002~2016年间的植被覆盖情况,对其动态变化进行研究,不仅可以全面了解楚雄市植被覆盖现状及其动态变化情况,进一步也为楚雄市植被恢复和生态环境保护提供借鉴,亦为楚雄市的生态文明建设、城市规划和创建国家森林城市提供科学可靠、量化的理论依据。

### 1.2. 国内外研究综述

#### 1.2.1. 国外研究综述

Muller与Ellenberg曾在1974年就发表文章,论述了植被覆盖度地面测量的几种常用方法(1974a)[5]。Dymond等人于1992年用栅格点采样的方法实测了草地的植被覆盖(1992a)[6]。Purevdorj首先用数码相机拍摄出的彩色照片,然后计算照片中所有的绿色像元数,从而得到研究区域的植被覆盖度(1998a)[7]。Cutman等人在1998年发表的论文中,选用像元分解法(高密度模型),估算全球大范围内的植被覆盖度(1998a)[8]。Pech等人在1986年发表的论文中,利用像元分解的混合模型(包括裸土、木、草地、被阴影覆盖的地区等多种地被类型),大体计算了澳大利亚半干旱灌木林地的植被覆盖度(1986a)[9]。Graetz等

人用 Landsat MSS 卫星影像, 对植被覆盖度的实际测量数据做线性回归分析, 使用分析后的模型测算草地的植被覆盖度(1986) [10]。

### 1.2.2. 国内研究综述

章文波等人给出了目估法的原理: 凭借估算人的经验估算被测地区的植被覆盖度, 及总结出了其特点: 植被覆盖度的测量选用目估法, 其测量精度常常与人的经验密切相关(2001a) [11]。赵春玲等人在 2000 年发表的一文中, 在宁夏贺兰山封山育林育草项目区划出一个正方形样地作为研究区, 分别量取研究区上两条对角线的植被盖度, 为确保测量精度, 对角线的交叉部分只计算一次, 按算数平均计算样方内的植被覆盖度(2000a) [12]。章文波等人 1999 年发表的论文中, 给出了仪器法的原理: 利用特定的传感器测量光通过照射植被层的状况得到初始数据, 分析数据从而得到植被覆盖度, 及总结出了其特点: 仪器法测量在野外操作不方便 (2001a) [11]。吴素业在 1999 年发表的论文中, 使用一年生作物的实际测量数据, 推算了该区域的植被覆盖度在时间变化上的数学模型(1999a) [13]。王爱芸和陆驰选用归一化植被指数 (NDVI) 测算昆明市植被覆盖度, 用定量的方法研究了昆明市的植被覆盖度三时相变化情况(2015a) [14]。欧朝蓉, 朱清科等人基于五时相 Landsat 影像, 采用像元二分法提取楚雄元谋地区(南亚热带干热季风气候)的植被覆盖度数据, 提取该区域五个分类等级的植被覆盖度, 研究干热河谷植被覆盖度空间差异、年际间变化(2017a) [15]。曹倩倩, 黄袁升选用归一化植被指数建立像元二分模型提取威海市的植被覆盖度, 定量的估算了该地区两时相的植被覆盖度 (2017) [16]。靳茗茗, 陈丹璐以北京市为研究区, 基于两时相的 Landsat 遥感影像数据, 选用像元二分模型定量研究该区域的植被覆盖度及其动态变化, 得出研究区 2000 年和 2010 年的主要植被类型和 10 年间的主要转化情况和主要的类型(2016) [17]。程苗苗, 江洪等人以新疆和田地区的三时相遥感数据, 结合气象数据、政策、人口等因素, 定量分析该区域绿洲的植被覆盖面积和近三十年的时空格局变化, 得到气候变化和人类活动能影响区域植被的观点(2009) [18]。郭震冬, 顾正东等人通过无人机获取的航拍影像数据, 选用可见光波段差异植被指数法提取江阴市江峰社区内植被覆盖度的植被像素, 进而提取该地区植被覆盖度(2017) [19]。

综上, 地表植被覆盖度的测量主要包括两种, 即地表测量和遥感监测。地表测量是最开始使用的方法, 主要有目估、采样、模型、相机测量四种方法。最方便的是目估法, 即用眼睛凭经验估算植被覆盖, 该法方便易行, 然而主观因素太多[11]。所以产生了下面几种采样方法: 即样方、样带、样点三种方法。模型法是在定量实测的基础上, 对数据做空间上或者时间上的统计分析, 找出可依循的规律, 得出经验模型。利用数码相机测量植被覆盖度具有投入低、效率高、质量好、速度快等特点。

近年来, 对于统计某地的植被覆盖度最直接, 效率最高的方法, 应属遥感技术, 遥感技术以其时效性短、监测范围广、经济性等特征为植被覆盖率的提取提供了有利并且有效的方法。李苗苗在其发表的论文中介绍了用遥感手段监测区域内植被覆盖度有回归模型、植被指数、像元分解模型法三种方法[20]。线性回归模型法在小范围的区域内误差较小, 但也需要一定的实际测量数据做基础, 有限制性。植被指数法和像元分解模型法两种方法不需要实际测算的数据, 操作方便。

在此基础上, 笔者对其使用方法的优缺点和局限性得到更深的理解, 从而选择了归一化植被指数提取楚雄市植被覆盖, 通过数据的整理和分析, 明确楚雄市植被覆盖在时空上的变化。

## 2. 研究区概况

楚雄市位于云南省中部, 素有“滇中翡翠”的美称, 是楚雄彝族自治州的州府。楚雄市地处北纬 24°30'~25°15', 东经 100°35'~101°48'之间, 地势西北高, 东南低, 境内的山脉都属于哀牢山系东麓分支, 大部分是西北、东南走向。其气候属于北亚热带季风气候, 干(冬)湿(夏)分异明显, 雨热同季; 日温差比较大, 年温差基本处于稳定值, 年均气温为 15.6℃; 降水冬季偏低, 年均降雨量为 864 毫米。其植被种

类较多, 大部分由人工植被和次生植被组成。市境内河流主要包括两条, 一条是从南华县入境, 穿越市境西南地区的礼社江(元江上游), 另一条从吕合入境, 自西向东流经北部和东北部的东瓜镇、鹿城镇、苍岭镇的龙川江(金沙江水系支流) [21]。

### 3. 楚雄市植被覆盖度研究概述

#### 3.1. 数据来源

该研究所需数据均来源于地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>), 数据为楚雄市 2002 年到 2016 年的 Landsat4\_5 TM 和 Landsat8 OLT\_TIRS 130-43 数据(5 景影像)。

遥感图像选取原则: 4 月到 9 月为植被主要生长期, 因此应尽量选择植被生长茂密的夏季; 云量的多少影响着数据精度, 因此要选择云量较少的遥感影像, 本次研究选取的影像云量均低于 3%。由于平台数据限制, 2013 年没有冬半年数据, 但不影响本次研究结果。本次选取的影像数据资料如表 1。

#### 3.2. 技术路线图

如图 1。

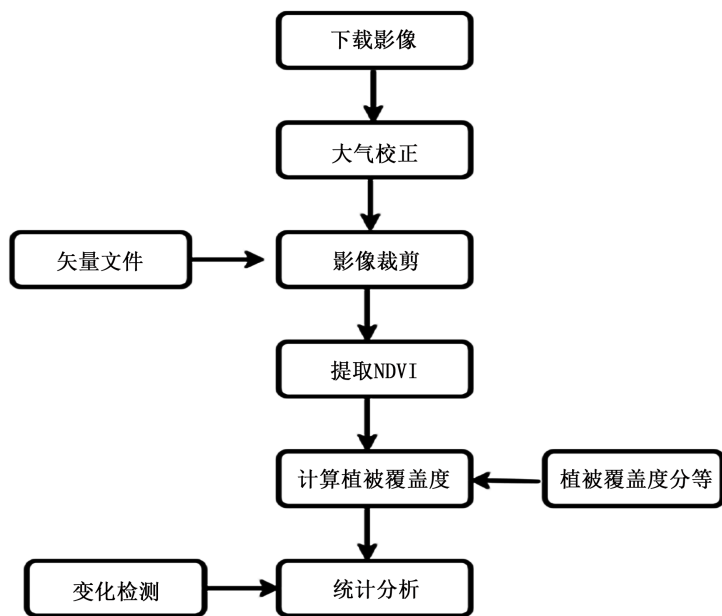


Figure 1. Technical roadmap  
图 1. 技术路线图

Table 1. Remote sensing image data  
表 1. 遥感影像数据资料

编号	数据标识	卫星	日期	云量	数据
1	LC81300432016046LGNOO	Landsat8 OLT_TIRS	2016-02-13	2.22	有
2	LC81300432013165LGN00	Landsat8 OLT_TIRS	2013-6-14	0.02	有
3	LT51300432009042BKT01	Landsat 5 TM	2009-02-11	0	有
4	LT51300432005031BKT01	Landsat 5 TM	2005-01-31	0	有
5	LT51300432002055BJCOO	Landsat 5 TM	2002-02-24	0.02	有

### 3.3. 研究过程

#### 3.3.1. 图像预处理

使用 ENVI5.3 作为遥感图像处理平台, 对下载来的 5 景遥感影像 130-43 分别进行大气校正操作后, 根据楚雄市边界矢量文件对目标区域进行裁剪。

下载的影像已经做过初步几何校正, 已具有较好的精度, 本文目的在于研究楚雄市 5 时相植被覆盖度的变化, 微小的定位差异不影响分析结果, 因此该研究不需要做遥感影像几何校正。

#### 3.3.2. 归一化植被指数(NDVI)的提取

用 ENVI5.3 计算 NDVI, 提取出研究区植被指数。

原理: 植被指数建立在植物对红光波段和近红外波段的光谱通道来组合设计[22]。

该研究选用 Rouse 等人提出的归一化植被指数——NDVI (1974a), 因为其有高灵敏度的优点, 并且能够消除大部分的噪音、辐射、阴影等带来的误差[20]。结合陈锋 2012 年发表的论文, 归一化植被指数 NDVI 计算可以表达为公式(3-1) [23]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3-1)$$

式中, NIR——近红外波段反射值; RED——红波段反射值。应用到具体 Landsat4\_5TM 和 Landsat8 OLT\_TIRS 遥感影像波段中, 分别为第三通道与第四通道, 第四通道与第五通道的反射值。

NDVI 在-1 和 1 之间, 提取中会存在异常值(小于-1), 需要对异常值进行处理, 通过波段运算, 在 bandmath 中输入:  $b1 > (-1)$ 。

#### 3.3.3. ENVI 上植被覆盖度的计算

依据李苗苗等基于像元二分模型的基础上得出的公式(3-2) [20]:

$$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (3-2)$$

式中,  $NDVI_{soil}$ ——裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值;  $NDVI_{veg}$ ——植被覆盖区域的 NDVI 值, 就是纯像元的 NDVI 值。两个值的计算公式为(3-3)、(3-4):

$$NDVI_{soil} = \frac{VFC_{max} * NDVI_{min} - VFC_{min} * NDVI_{max}}{VFC_{max} - VFC_{min}} \quad (3-3)$$

$$NDVI_{veg} = \frac{(1 - VFC_{min}) * NDVI_{max} - (1 - VFC_{max}) * NDVI_{min}}{VFC_{max} - VFC_{min}} \quad (3-4)$$

式(3-3)、(3-4)中,  $NDVI_{max}$  与  $NDVI_{min}$  分别表示目标区域中归一化植被指数的最大值和最小值。要计算  $NDVI_{soil}$  与  $NDVI_{veg}$ , 有两种设想, 一是当研究区内 VFC 最大最小值能够近似取等于 1 或 0 时, 二是当研究区内 VFC 最大最小值不能近似取等于 1 或 0 时。

综上, 借鉴前人的研究, 并对 NDVI 的值进行分析, 基于此,  $NDVI_{min}$  与  $NDVI_{max}$  依次取累积概率 5%与 95%的 NDVI 值, 所以, 植被覆盖度公式就改变为如下式(3-5) [14]:

$$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3-5)$$

所以, 在 ENVI 上这样计算,

$(b1 \text{ lt } NDVI_{min}) * 0 + (b1 \text{ gt } NDVI_{max}) * 1 + (b1 \text{ ge } NDVI_{min} \text{ and } b1 \text{ le } NDVI_{max}) * ((b1 - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))$



式中, b1 为需要提取的归一化植被指数 NDVI 数据; lt 为小于(<), ge 为大于等于(≥), le 为小于等于(≤), gt 为大于(>)。

2009 年的  $NDVI_{max} = 0.657189$   $NDVI_{min} = 0.242892$ , 在 band math 中, 2009 年的植被覆盖度计算如下:  
 $(b1 \text{ lt} 0.242892) * 0 + (b1 \text{ gt} 0.657189) * 1 + (b1 \text{ ge} 0.242892 \text{ and } b1 \text{ le } 0.657189) * ((b1 - 0.242892)/(0.657189 - 0.242892))$

同理, 计算 2002、2005、2013、2016 后得到植被覆盖度图像, 如图 2。

### 3.4. 楚雄市植被覆盖度提取结果分析

#### 3.4.1. 楚雄市植被覆盖度的提取结果

根据植被覆盖度值及借鉴前人的经验, 将楚雄市植被覆盖度分为 5 个等级, 分别表示为: 裸地(VFC < 10%)、低植被覆盖(10% < VFC ≤ 30%)、中低植被覆盖(30% < VFC ≤ 45%)、中植被覆盖(45% < VFC ≤ 60%)和高植被覆盖(VFC > 60%) [24]。经过软件计算和分析, 统计楚雄市五个等级的植被覆盖面积和面积所占占比见表 2, 分类后的植被覆盖影像如图 3 所示。

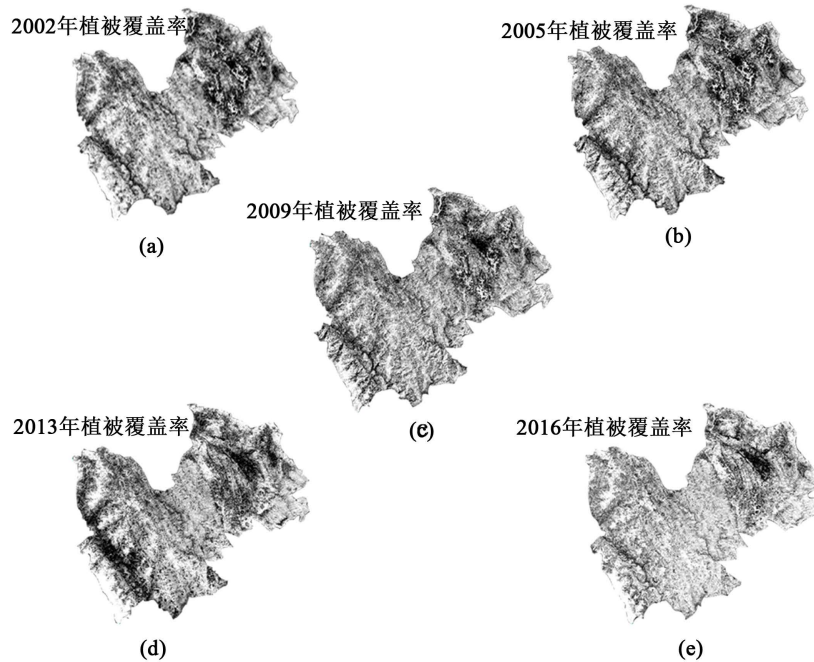
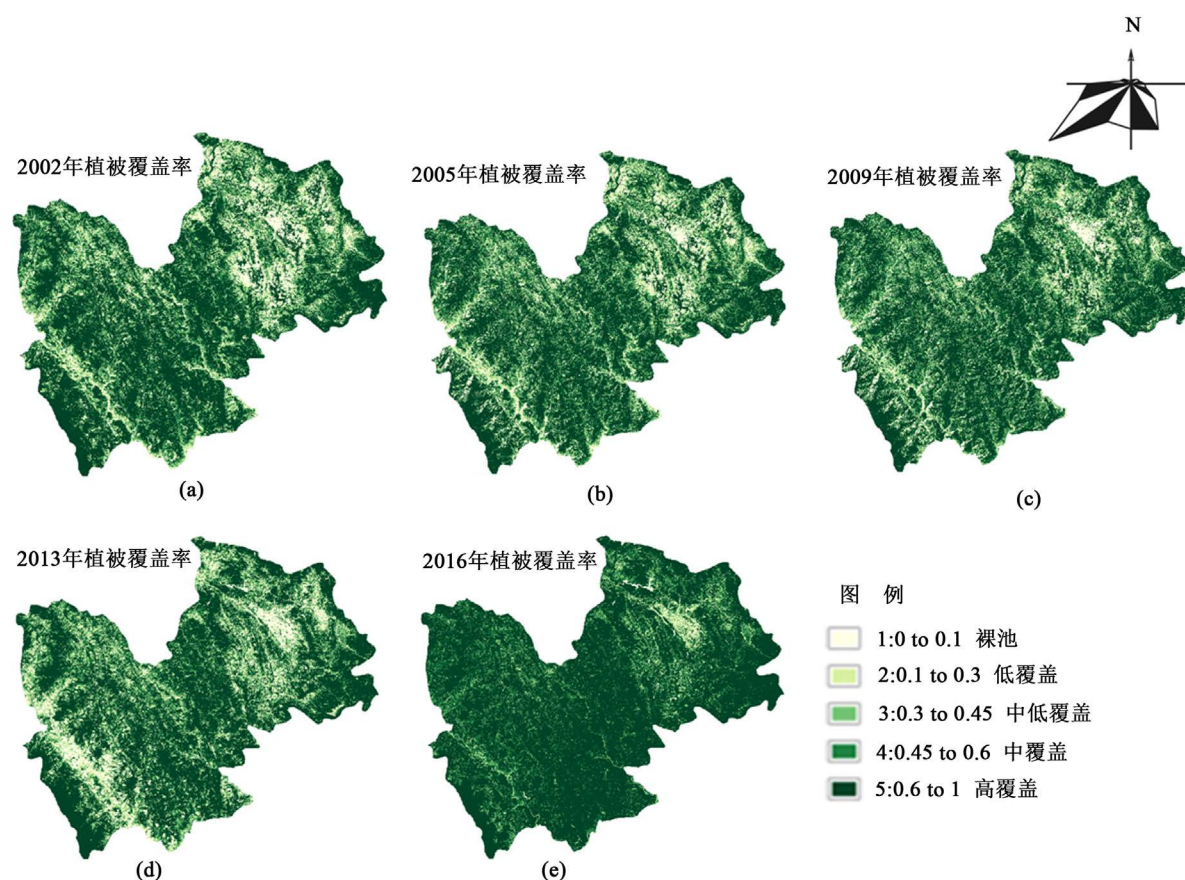


Figure 2. 5 phase vegetation cover image in Chuxiong  
 图 2. 楚雄市 5 时相植被覆盖图像

Table 2. Grading statistics of vegetation coverage in Chuxiong (area/km<sup>2</sup>, Percentage/%)

表 2. 楚雄市植被覆盖度分级统计(面积/km<sup>2</sup>, 占比/%)

分级	2002 年面积占比	2005 年面积占比	2009 年面积占比	2013 年面积占比	2016 年面积占比					
裸地	356.97	8.21	350.76	8.06	318.72	7.33	366.00	8.41	35.57	0.81
低覆盖	492.74	11.33	489.51	11.26	412.65	9.49	493.96	11.36	114.33	2.63
中低覆盖	510.33	11.73	523.68	12.05	522.60	12.02	497.14	11.44	276.75	6.37
中覆盖	638.73	14.69	689.70	15.86	714.83	16.44	614.25	14.13	523.62	12.04
高覆盖	2438.84	54.03	2293.95	52.76	2378.80	54.72	2376.23	54.66	3397.32	78.14



**Figure 3.** Image of vegetation grading after 5 hours in Chuxiong  
**图 3.** 楚雄市 5 时相植被覆盖分等后图像

### 3.4.2. 楚雄市各等级植被覆盖度的直观空间分布

颜色较深的斑块, 即中、中高植被覆盖度主要分布在山脉和靠近山脉附近的山地。无颜色的斑块, 即裸地主要分布在东北部吕合镇东瓜镇、鹿城镇、苍岭镇人口密度较大、经济较发达、工业发达、交通发达或沿河分布的区域。低、中低中植被覆盖分布相对平均没有形成主要区域, 分布零散不均匀且没有较大聚集斑块。

### 3.4.3. 楚雄市植被覆盖度的变化分析

为了分析楚雄市植被覆盖在不同等级中的变化特点, 把分类后的 5 时相影像导入 ENVI5.3 中, 依次两两比较影像分类结果, 得到变化矩阵信息, 将数据统计, 结果见表 3。

由表 2、表 3 可知:

一、二和三阶段各等级的植被覆盖度都处于一个变化趋势不大的数值上, 第四阶段出现大幅度变化, 与市政府颁发的提升城乡环境、做好生态建设、推进退耕还林还草、全面促进高原特色农业发展等政策和民众积极响应政府号召是息息相关的。例如, 楚雄市自 2012 年以来, 强有力的抓住国家实施西部大开发战略的重大机遇, 和加强贯彻落实省政府、州政府实施“森林云南”的战略目标, 着力加快全市林业生态建设[25]; 2016 年楚雄市向国家林业局申报创建国家级森林城市, 2016 年 12 月, 国家林业局备案批复同意楚雄市创建森林城市[26]; 楚雄市将持续推进天然林保护、退耕还林等生态工程的深入; 2014~2020 达到“稳粮烟、强畜牧、推特产”的高原特色农业发展目标[27]。

**Table 3.** Statistical results of vegetation cover change (area/km<sup>2</sup>, Percentage/%)  
**表 3.** 植被覆盖度变化统计结果(面积/km<sup>2</sup>, 占比/%)

分级	2002~2005 (一) 面积占比		2005~2009 (二) 面积占比		2009~2013 (三) 面积占比		2013~2016 (四) 面积占比	
裸地	-6.21	-1.74	-32.04	-9.13	47.29	14.84	-330.44	-90.28
低覆盖	-3.22	-0.65	-76.86	-15.70	81.31	19.71	-379.63	-76.85
中低覆盖	13.35	2.61	-1.08	-0.20	-25.45	-4.87	-220.39	-44.33
中覆盖	50.97	7.98	25.13	3.64	-100.59	-14.07	-90.63	-14.76
高覆盖	-54.89	-2.34	84.85	3.70	-2.56	-0.11	1021.09	42.97

各等级间具体变化信息如下:

1) 中低植被覆盖 2002 年至 2013 年都处于一个动态波动不大的值内,到 2016 年大幅度降低,较 2005 年,面积减少了 246.87 km<sup>2</sup>。在第一阶段由裸地、中低、中、高植被覆盖分别变化 23.89 km<sup>2</sup>、72.75 km<sup>2</sup>、178.51 km<sup>2</sup>、61.95 km<sup>2</sup>,在第二阶段中,由裸地、中低、中、高植被覆盖分别变化 13.68 km<sup>2</sup>、75.02 km<sup>2</sup>、175.75 km<sup>2</sup>、63.19 km<sup>2</sup>,在第三阶段中,由裸地、中低、中、高植被覆盖分别变化 56.81 km<sup>2</sup>、105.59 km<sup>2</sup>、96.26 km<sup>2</sup>、155.95 km<sup>2</sup>,在第四阶段中,由裸地、中低、中、高植被覆盖分别变化 1.79 km<sup>2</sup>、7.56 km<sup>2</sup>、134.59 km<sup>2</sup>、31.65 km<sup>2</sup>,可见,在前三个阶段中,中植被覆盖区是中低植被覆盖区变化的核心途径,在第四阶段中,中植被覆盖区以高植被覆盖区为主、低植被覆盖区为辅变化。

2) 裸地和低植被覆盖都是先持续减少到 2009,2013 年增加后又减少,总体较 2002 年都大幅度减少。前者从 2002 年的 356.97 km<sup>2</sup> 持续减少到 2009 年的 318.72 km<sup>2</sup>,到 2013 年增加至 366.00 km<sup>2</sup>,再到 2016 年大幅度下降至 35.57 km<sup>2</sup>,十五年来共减少 321.4 km<sup>2</sup>。后者从 2002 年的 492.74 km<sup>2</sup> 持续减少到 2009 年的 412.65 km<sup>2</sup>,到 2013 年增加至 493.96 km<sup>2</sup>,再到 2016 年大幅度下降至 114.33 km<sup>2</sup>,十五年来共减少 378.41 km<sup>2</sup>。

3) 中植被覆盖从 2002 年的 638.73 km<sup>2</sup> 持续增加到 2009 年的 714.83 km<sup>2</sup>,到 2016 年持续下降至 523.62 km<sup>2</sup>。在前三个阶段中,中植被覆盖区是高植被覆盖区变化的核心途径,在第四阶段中,中植被覆盖区以高植被覆盖区为主、低植被覆盖区为辅变化。

4) 高植被覆盖 2002 年至 2013 年都处于一个动态波动很小的值内,到 2016 年出现大幅增加,较 2002 年,增加了 958.48 km<sup>2</sup>。四个阶段中,主要以中植被覆盖区为主要的变化渠道,且只有少量转出或转入裸地、低植被覆盖、中低植被覆盖、中植被覆盖、高植被覆盖。

#### 3.4.4. 楚雄市植被覆盖度时空演变分析

由图 2、图 3 可知:

1) 研究区西南的礼社江(元江上游)和东北的龙川江(金沙江支流),2002 年至 2013 年主要是裸地、低、中低植被覆盖为主,随着城市的推移,楚雄市政府对环境保护和生态建设的重视,沿河的区域植被覆盖等级逐步向中、高植被覆盖推进,植被覆盖越来越好。

2) 研究区高植被覆盖变化特点明显,2002 年至 2013 年,主要分布在哀牢山脉及其他哀牢山系东麓支平余脉的山地地区,2016 年大幅度提高,占总面积的 78.14%。

3) 研究区东北部(吕合镇、东瓜镇、鹿城镇、苍岭镇)植被覆盖度一直处于较低状态,2016 年有所改善,但还是有片状裸地、低植被覆盖聚集,因为该地方是人口密度、交通和经济高度集中的区域,也是绿色元素最缺乏的区域。



## 4. 结论

1) 楚雄市植被覆盖大部分是高植被覆盖,接着依次为中、中低、低、裸地植被覆盖。十五年来,裸地、低植被覆盖、中低植被覆盖面积都在波动后大幅度减少,中植被覆盖变化面积不大,高植被覆盖分布区域最多,2002年到2013年11年以来都处于持续变化的状态,2016年骤增,占比78.14%。

2) 2002年至2016年四个阶段植被覆盖等级相互转换分别为,2002~2005年以中 → 高,中低 → 中,低 → 中低为主要的转化类型。2005~2009年以中低 → 中,中 → 高,低 → 中低为主要的转化类型。2009~2013年以中、裸、低、中低 → 高,低 → 裸,中低 → 低为主要的转化类型。2013~2016年以中、低、中低、裸 → 高,裸 → 中低,低 → 中、中低,中低 → 中为主要的变化类型。

3) 植被覆盖等级的变化受人类活动因素影响,楚雄市高植被覆盖占很大的比重,与当地政府实行生态建设、提升城乡环境、开展义务植树、改善生态环境、推进绿色家园等政策和活动是分不开的,与民众的积极响应同样是分不开的。由此可看到,政府认真开展并贯彻落实相关的规定和政策,加大环境保护力度,加大植被保护力度等,全民众积极参与其中,植树造林种草,对维护当地生态环境有着举足轻重的作用。

## 基金项目

云南省卓越青年教师特殊培养项目(自然地理学)。

## 参考文献

- [1] 裴志方, 杨武年, 吴彬, 等. 2000-2016年宁夏植被覆盖景观格局遥感动态分析[J]. 水土保持研究, 2018, 25(1): 215-219.
- [2] 孙红雨, 王长耀, 牛铮, 等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系——基于NOAA时间序列数据分析[J]. 遥感学报, 1998, 2(3): 204-210.
- [3] 张宇婷, 张振飞, 张志. 新疆大南湖荒漠区1992-2014年间植被覆盖度的遥感研究[C]//全国数学地质与地学信息学术研讨会, 2016.
- [4] 田静. 基于遥感实验下的植被覆盖率反演[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [5] Mueller-Dombois, D. and Ellenberg, H. (1974) Aims and Methods of Vegetation Ecology. Wiley and Sons, Hoboken.
- [6] Dymond, J.R., Stephens, P.R., Newsome, P.F., et al. (1992) Percent Vegetation Cover of a Degrading Rangeland from SPOT. *International Journal of Remote Sensing*, **13**, 1999-2007. <https://doi.org/10.1080/01431169208904248>
- [7] Purevdorj, T., Tateishi, R., Ishiyama, T., et al. (1998) Relationships between Percent Vegetation Cover and Vegetation Indices. *International Journal of Remote Sensing*, **19**, 3519-3535. <https://doi.org/10.1080/014311698213795>
- [8] Gutman, G. and Ignatov, A. (1998) The Derivation of the Green Vegetation Fraction from NOAA/AVHRR Data for Use in Numerical Weather Prediction Models. *International Journal of Remote Sensing*, **19**, 1533-1543. <https://doi.org/10.1080/014311698215333>
- [9] Pech, R.P., Graetz, R.D. and Davis, A.W. (1986) Reflectance Modelling and the Derivation of Vegetation Indices for an Australian Semi-Arid Shrubland. *International Journal of Remote Sensing*, **7**, 389-403.
- [10] Graetz, R.D., Pech, R.P., Gentle, M.R. and O'Callaghan, J.F. (1986) The Application of Landsat Image Data to Rangeland Assessment and Monitoring: The Development and Demonstration of a Land Image-Based Resource Information System (LIBRIS). *Journal of Arid Environment*, **10**, 53-80.
- [11] 章文波, 符素华, 刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2001, 37(3): 402-408.
- [12] 赵春玲, 李志刚, 吕海军, 等. 中德合作宁夏贺兰山封山育林育草项目区植被覆盖度监测[J]. 宁夏农林科技, 2000(s1): 6-14.
- [13] 吴素业. 一年生植被覆盖度的简化测试方法[J]. 水土保持应用技术, 1999(1): 45-47.
- [14] 王爱芸, 陆驰. 昆明市植被覆盖变化特征分析——基于Landsat遥感影像数据[J]. 安徽农业科学, 2015(18): 326-328.

- [15] 欧朝蓉, 朱清科, 孙永玉. 元谋干热河谷旱季植被覆盖度的时空异质性[J]. 林业科学, 2017, 53(11): 20-28.
- [16] 曹倩倩, 黄袁升. 基于 Landsat 影像植被覆盖度提取的研究[J]. 阴山学刊: 自然科学版, 2017, 31(4): 74-76.
- [17] 靳茗茗, 陈丹璐. 基于 Landsat 影像的北京市植被覆盖变化特征分析[J]. 中国林副特产, 2016(4): 11-13.
- [18] 程苗苗, 江洪, 陈健, 等. 基于 Landsat 数据的新疆和田地区植被覆盖变化研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 1239-1244.
- [19] 郭震冬, 顾正东, 许盛, 等. 利用无人机技术进行社区植被覆盖率调查[J]. 北京测绘, 2017(5): 88-91.
- [20] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院(遥感应用研究所), 2003.
- [21] 楚雄市政府办. 楚雄市概况[EB/OL]. <http://www.cxs.gov.cn/public/4664006/4726969.html>, 2018-03-21.
- [22] 马春林. 基于植被指数 NDVI 的遥感信息提取[J]. 中国高新技术企业, 2008(10): 114-114.
- [23] 陈峰. 基于 ENVI 植被动态变化分析[J]. 科技创新与生产力, 2012(10): 61-67.
- [24] 贾翔. 植被覆盖度划分标准[EB/OL]. <https://wenku.baidu.com/view/9c17d9fdb0d4a7303763a07.htm>, 2013-03-19.
- [25] 市林业局. 楚雄市林业局 2016 年工作总结[EB/OL]. <http://www.cxs.gov.cn/public/4664073/4720644.html>, 2016-12-30.
- [26] 市林业局. 创建国家森林城市, 我们共同的责任[EB/OL]. <http://www.cxs.gov.cn/public/4664073/4729233.html>, 2018-03-29.
- [27] 市农业局. 楚雄市农业局 2016 年工作总结暨 2017 年工作计划[EB/OL]. <http://www.cxs.gov.cn/public/4664071/4728210.html>, 2018-03-23.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [ije@hanspub.org](mailto:ije@hanspub.org)