

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2019.05.005

## 基于 Landsat 的青神县植被覆盖动态变化分析

赵昊天<sup>1,3</sup>, 王林青<sup>2</sup>, 郑 勇<sup>1,3</sup>, 谢天资<sup>3</sup>, 蒋雨轩<sup>1,3</sup>, 龚固堂<sup>3</sup>, 骆宗诗<sup>3</sup>, 陈俊华<sup>3\*</sup>

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 四川省青神县林业和园林局, 四川 青神 620460;

3. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

**摘要:**以 Landsat TM/OLI 系列遥感数据为基础, 利用 RS 和 GIS 为技术手段提取 NDVI 值, 通过像元二分模型得出青神县 2009 年、2013 年、2018 年三期的植被覆盖度分级图, 并用转移矩阵和差值法分析其动态变化情况。结果表明: 青神县植被覆盖总体良好, 植被覆盖度以中高以上为主。2009—2013 年该地区中高以上植被覆盖区占总面积的比例由 71.73% 降到 62.69%, 2018 年有所改善, 占总面积的 67.77%, 说明 2009—2018 年青神县植被覆盖度经历了先退化后改善的趋势, 但整体发生了小幅度退化, 退化面积比改善面积多出 6.22 km<sup>2</sup>, 占总面积的 1.6%。据分析, 城区的扩张、基础设施的建设侵占了耕地和林地, 是造成青神县植被覆盖度退化的主要原因。为促进区域生态环境的可持续发展, 应进一步提升中心城区及周边的植被覆盖度。

**关键词:**青神县; 植被覆盖; NDVI; 动态变化

中图分类号: S718 文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2019)05-0023-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Dynamic Change Analysis of Vegetation Coverage in Qingshen County Based on Landsat

ZHAO Hao-tian<sup>1,3</sup> WANG Lin-qing<sup>2</sup> ZHENG Yong<sup>1,3</sup> XIE Tian-zi<sup>3</sup>  
JIANG Yu-xuan<sup>1,3</sup> GONG Gu-tang<sup>3</sup> LUO Zong-shi<sup>3</sup> CHEN Jun-hua<sup>3\*</sup>

(1. College of Tourism and Urban-Rural Planning, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Forestry and Landscape Bureau of Qingshen County, Sichuan Province, Qingshen 620460, China;

3. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

**Abstract:** Based on Landsat TM/OLI series remote sensing data, NDVI values were extracted by RS and GIS, and vegetation FVC grading maps of Qingshen county in 2009, 2013 and 2018 were obtained by pixel binary model, and their dynamic changes were analyzed by transfer matrix and difference method. The results showed that the vegetation coverage in Qingshen county was generally good, and the vegetation coverage was mainly above medium and high. In 2009—2013, the 71.73% medium and high vegetation coverage in the region above decreased to 62.69%, and the proportion of the total improvement in 2018 accounted for 67.77% of the total area, showing that the vegetation coverage shows in Qingshen county from 2009 to 2018 experienced degradation before improving trend, but overall the small-amplitude degradation. The degradation area was more 6.22 km<sup>2</sup> than the improve area, accounting for 1.6% of the total area. According to the analysis, the expansion of urban areas and the construction of infra-

收稿日期: 2019-07-19

基金项目: 森林和湿地生态恢复与保育四川重点实验室资助

作者简介: 赵昊天(1994-)男, 四川成都人, 硕士研究生, 主要从事土地利用与国土整治研究, e-mail: 786768312@qq.com。

\* 通讯作者: 陈俊华(1972-), 男, 研究员, e-mail: 295454166@qq.com。

structure encroached on the cultivated land and forest land, which was the main cause of vegetation coverage degradation in Qingshen county. In order to promote the sustainable development of regional ecological environment, the vegetation coverage in and around the central city should be further improved.

**Key words:** Qingshen County, Vegetation cover, NDVI, Dynamic change

植被是陆地生态系统重要组成部分,是联结大气、水、生物、岩石、土壤等自然地理环境要素的纽带<sup>[1]</sup>。此外,植被还具备净化空气、涵养水源、调节气候、防风固沙、美化环境等众多生态功能<sup>[2~4]</sup>。所以,植被的覆盖状况是评价区域环境质量和生态系统平衡状况的一项重要指标<sup>[5]</sup>。遥感技术能够同步获取大区域范围内的数据信息并具有受主观影响因素较小,精度较高等优点,特别是高光谱、高空间分辨率遥感的出现<sup>[6~7]</sup>。植被覆盖度遥感估算方法已经得到广泛应用<sup>[8]</sup>。植被指数是指由遥感传感器获取的对植被有一定指示意义的各种数值可以间接地反映地表植被的长势、覆盖度等<sup>[9]</sup>。而在反映植被覆盖的指数中,NDVI 是植被长势状况和空间分布变化的最佳指示因子并与植被覆盖度呈线性相关<sup>[10]</sup>。遥感测量估算法中的像元分解法计算模型简单可靠、输入参数通用易得,可以在一定程度上削减大气和土壤等因素对植被覆盖度所产生的影响,被广泛应用<sup>[11]</sup>。从生态环境角度,岷江流域是长江上游生态屏障建设的重点区域之一,具有显著的生态功能地位<sup>[12~13]</sup>。青神县位于岷江中游和成都平原西南部,是长江上游的组成部分,分析当地的植被覆盖动态变化,对筑牢长江上游生态屏障青神段和维护成都平原城市群的生态空间有重要的现实意义。近年来,李晓婷<sup>[14]</sup>等基于 2000—2015 年的 MODIS 影像数据对眉山市植被覆盖度变化进行了分析,并发现眉山市整体植被覆盖度以改善为主。但目前还缺乏针对青神县植被覆盖度动态变化情况的分析,本文在分析相关资料和文献的基础上,利用青神县 2009 年、2013 年和 2018 年 3 期 TM 和 OLI\_TIRS 影像作为数据源,提取出研究区 NDVI,通过像元分解模型估算出青神县植被覆盖度,并用差值法、转移矩阵来分析植被覆盖的动态变化情况。

## 1 研究区概况

青神县位于眉山市南部,地处川西平原西南边缘,属川西平原与川西丘陵的接壤过渡带。北以鸿化山口为前门,南以平羌三峡作后户,东依龙泉山脉,西抵金牛河岸,东经 103°41′~103°59′、北纬 29°

42′30″~29°55′33″。县域东西长约 29.5 km,南北宽约 23.5 km,面积 387 km<sup>2</sup>。境内地势东南高,西南次之,中端低平,最高处海拔为 691 m,最低处为 377 m,极限高差 314 m。属亚热带湿润气候区,年平均气温 17.0℃,年平均降水量 1069.5mm,常年气候温和、雨量充沛、四季分明。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

本文选用的遥感影像数据以美国陆地卫星影像 Landsat TM/OLI 为主,影像数据来自美国地质勘探局(USGS)网站(<http://glovis.usgs.gov>)。Landsat 系列遥感数据具有较高的时间空间分辨率、覆盖范围广等优点,能够有效动态监测地表信息。成像时间分别为 2009 年、2013 年、2018 年,均选取研究区植被生长较好、云量小于 5% 的 3—5 月数据,地图投影坐标为 UTM-WGS 84 投影坐标系。其他数据,如行政区矢量文件、土地利用现状图、地形图等均从青神县政府获取。遥感影像参数如表 1 所示。

表 1 遥感影像参数

Tab. 1 Remote sensing image parameters

编号	卫星	传感器	轨道号	数据获取时间	成像质量
1	Landsat5	TM	129/39	2009-03-24	好
2	Landsat8	OLI_TIRS	129/39	2013-04-20	好
3	Landsat8	OLI_TIRS	129/39	2018-04-18	好

### 2.2 数据预处理

首先利用 ENVI5.3 遥感图像处理软件,对每一期的数据依次进行辐射定标、FLAASH 大气校正等处理,以减少大气和太阳高度角变化等带来的误差。以青神县地形图为基准影像,对各期影像采用地面控制点法进行配准,选择河流分叉处、十字路口和整个影像图的边角共计 36 个特征明显的控制点相互匹配,校正参数后输出配准后的影像。再用青神县行政边界 Shapfile 矢量图分别对校正后的 3 期遥感影像进行裁剪,取得青神县影像图。

### 2.3 植被覆盖度提取

植被在可见光与近红外波段的反射率差异较大,常采用归一化植被指数 NDVI 描述植被的生长

状况<sup>[15]</sup>。NDVI 计算公式为:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (1)$$

式中,  $\rho_{NIR}$  和  $\rho_R$  分别为近红外波段和红光波段的反射率值。

像元二分法模型是利用遥感数据将地面地物信息分为植被覆盖区域和非植被覆盖区域,该模型假设像元由植被和非植被线性混合,将植被覆盖度定义为像元植被指数与非植被指数之间的线性差值<sup>[16]</sup>。用公式表示为:

$$FVC = \frac{S - S_{soil}}{S_{veg} - S_{soil}} \quad (2)$$

式中, FVC 为植被覆盖度, S 为遥感传感器所观测到的信息,  $S_{veg}$  为绿色植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息,  $S_{soil}$  为土壤所覆盖的纯像元所得的遥感信息。由于 NDVI 与植被覆盖度之间呈极显著的线性相关, 所以将二者进行转换可以直接提取植被覆盖度信息, 其公式为:

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

式中, NDVI 为归一化植被指数值,  $NDVI_{soil}$  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的像元的 NDVI 值, 即纯植被像元的 NDVI 值。理论上,  $NDVI_{soil}$  的值应该接近为 0,  $NDVI_{veg}$  代表全植被覆盖像元的最大值, 但是, 由于受光照条件、影像质量、植被类型等众多因素影响,  $NDVI_{veg}$  和  $NDVI_{soil}$  的实际值会发生变化<sup>[17]</sup>。本文分别对 3 期影像数据的 NDVI 频率进行统计分析, 根据 NDVI 灰度分布、影像清晰度等情况, 并结合实地考察验证, 确定累积概率 97% 和 3% 处的 NDVI 值分别作为  $NDVI_{veg}$  和  $NDVI_{soil}$ 。

根据公式算出 3 期青神县的植被覆盖度栅格灰度图, 其取值范围在 0 到 1 之间。为了能清楚地观测植被覆盖度, 本文采用了常用的等间距分级法, 将植被覆盖度分为  $0 < FVC < 0.2$ , 低植被覆盖度;  $0.2 < FVC < 0.4$ , 中低植被覆盖度;  $0.4 < FVC < 0.6$ , 中等植被覆盖度;  $0.6 < FVC < 0.8$ , 中高植被覆盖度;  $0.8 < FVC < 1$ , 高植被覆盖度。并建立相应的解译标志, 得到青神县 3 个时期的植被覆盖度等级图, 如图 1 所示。

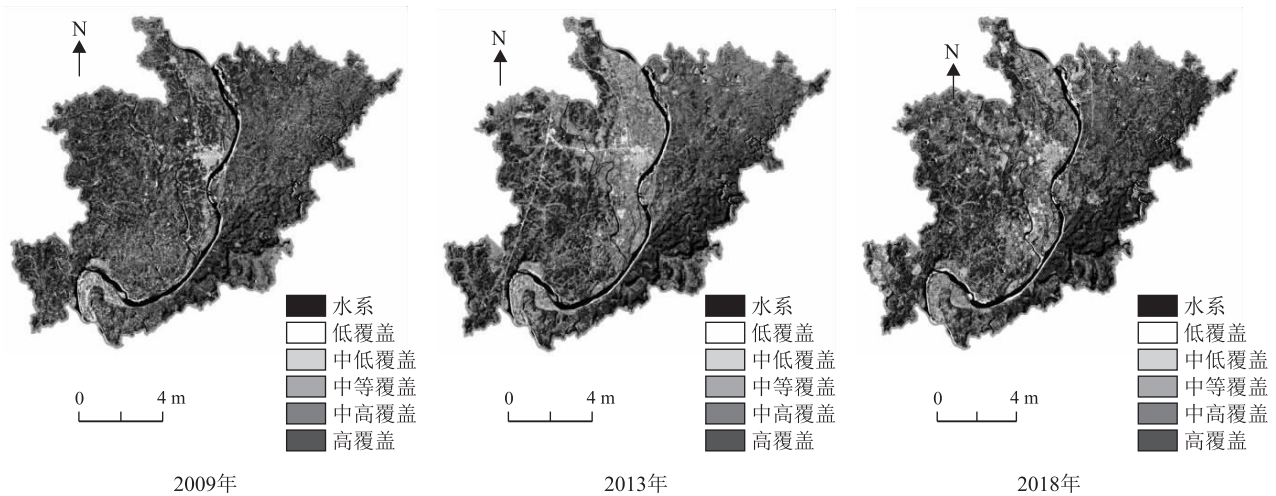


图 1 青神县植被覆盖度图

Fig. 1 Vegetation coverage in Qingshen county

## 2.4 植被覆盖度变化分析

采用差值法量化各个年份之间的植被覆盖度变化, 将变化值记为  $\Delta F_g$ , 用后一时期的植被覆盖度等级值减去前一时期的植被覆盖度等级值<sup>[18]</sup>。

$$\Delta F_g = F_{gyear2} - F_{gyear1} \quad (4)$$

式中,  $F_{gyear2}$  和  $F_{gyear1}$  分别为后一起和前一期的植被覆盖度,  $\Delta F_g$  为 year2 年相对于 year1 年的植被覆盖等级变化量。根据青神县植被覆盖特征, 将植被覆盖等级差值划分如下: 当  $\Delta F_g < -0.6$  时记为极大

退化区域; 当  $-0.6 < \Delta F_g < -0.2$  时, 记为退化区域; 当  $-0.2 < \Delta F_g < 0.2$  时记为无显著变化; 当  $0.2 < \Delta F_g < 0.6$  时记为改善区域; 当  $\Delta F_g > 0.6$  时记为极大改善区域。

## 3 结果与分析

### 3.1 植被覆盖分级特征

不同植被覆盖度分级情况及其面积统计特征分

析结果表明(见图1、表2),青神县植被覆盖度以中高以上植被覆盖度为主,3期中高以上植被覆盖度占总面积比例均在62%以上。总体分布特征是平坝河谷地区植被覆盖度低,向东南部和西部的覆盖度逐渐升高,高覆盖的植被主要集中在东南部丘陵区。2009—2013年,青神县的植被覆盖度负向变化,

表2 研究区不同植被覆盖等级面积统计

Tab.2 Area statistics of different vegetation cover levels in the study area

等级	2009年		2013年		2018	
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
低覆盖	11.06	2.86	15.70	4.06	17.64	4.56
中低覆盖	22.67	5.86	30.17	7.80	27.54	7.12
中覆盖	75.62	19.55	98.44	25.45	79.80	20.63
中高覆盖	146.98	38.00	127.84	33.05	121.30	31.36
高覆盖	130.47	33.73	114.65	29.64	140.83	36.41

表3 2009—2013年植被覆盖等级变化转移矩阵

Tab.3 Transfer matrix of vegetation cover level change from 2009 to 2013

年份	等级	2009年									
		低覆盖		中低覆盖		中等覆盖		中高覆盖		高覆盖	
		面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
2013年	低覆盖	6.33	56.66	1.93	8.46	1.79	2.354	2.4	1.616	2.56	1.948
	中低覆盖	2.81	25.15	7.03	30.80	8.17	10.718	7.26	4.899	5.18	3.939
	中等覆盖	1.51	13.51	8.67	37.93	29.05	38.103	36.84	24.855	23.35	17.746
	中高覆盖	0.44	3.92	3.5	15.33	26.27	34.46	59.71	40.281	39.32	29.887
	高覆盖	0.09	0.77	1.71	7.48	10.95	14.366	42.02	28.348	61.16	46.48

表4 2013—2018年植被覆盖等级变化转移矩阵

Tab.4 Transfer matrix of vegetation coverage level change from 2013 to 2018

年份	等级	2009年									
		低覆盖		中低覆盖		中等覆盖		中高覆盖		高覆盖	
		面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
2018年	低覆盖	9.82	62.075	2.69	8.846	2.47	2.489	1.69	1.312	1.11	0.961
	中低覆盖	2.38	15.077	7.06	23.185	9.54	9.613	4.68	3.631	4.1	3.549
	中等覆盖	2	12.653	12.42	40.819	35.06	35.316	21.7	16.834	8.98	7.77
	中高覆盖	1.15	7.271	6.22	20.441	38.29	38.573	53.73	41.681	22.92	19.823
	高覆盖	0.46	2.924	2.04	6.708	13.91	14.009	47.11	36.543	78.49	67.896

表5 2009—2018年植被覆盖等级变化转移矩阵

Tab.5 Transfer matrix of vegetation coverage level change from 2009 to 2018

年份	等级	2009年									
		低覆盖		中低覆盖		中等覆盖		中高覆盖		高覆盖	
		面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	面积/km <sup>2</sup>	比例/%
2018年	低覆盖	6.35	56.84	2.42	10.581	2.24	2.939	2.7	1.822	3.27	2.487
	中低覆盖	2.06	18.428	4.73	20.71	5.72	7.499	7.3	4.922	8	6.078
	中等覆盖	1.56	13.994	9.11	39.84	24.86	32.614	27.7	18.689	17.08	12.982
	中高覆盖	0.83	7.432	4.34	18.993	28.6	37.516	56.7	38.253	32.16	24.445
	高覆盖	0.37	3.305	2.26	9.876	14.82	19.432	53.83	36.314	71.06	54.008

2009—2013年(见表3),中低以下植被覆盖度转出到中等以上植被覆盖面积为15.92 km<sup>2</sup>,而由

中高以上植被覆盖区域占总面积的比例由71.73%降到62.69%,其中,高覆盖度和中高覆盖度的面积分别减少了15.82km<sup>2</sup>、19.14km<sup>2</sup>,比例减少4.09%、4.95%。而2013年—2018年,青神县植被覆盖度有所改善,中高以上植被覆盖区域占总面积的67.77%,其中,高植被覆盖区域面积明显增加,5年间增加了26.18km<sup>2</sup>,增加比例为6.77%。

### 3.2 植被覆盖时序变化分析

为了更好地反映各级植被覆盖区的转化情况和变化过程,可以通过转移矩阵来揭示不同植被覆盖转换情况,并更加精准地了解植被覆盖的动态变化<sup>[19]</sup>。本文利用ENVI5.3中的Change Detection Statistics工具分别对2009年至2013年、2013年至2018年、2009年至2018年的3期数据进行运算分析,得到3期数据不同级别植被覆盖度面积变化的转移矩阵(见表3、表4、表5)。

中等以上植被覆盖度转入到中低以下植被覆盖度的面积为27.36 km<sup>2</sup>,其中,中等覆盖度面积占转入面

积最多,为  $9.96 \text{ km}^2$ ;中等植被覆盖度主要转入中高植被覆盖度,但中高覆盖度转出到中等覆盖度的面积比前者多  $10.57 \text{ km}^2$ ,高植被覆盖转出面积也高于转入面积,这说明 2009—2013 年青神县植被覆盖情况变差,中等以上植被覆盖度均发生退化。

2013—2018 年(见表 4),中低覆盖度主要转为中等覆盖度,转出面积为  $12.42 \text{ km}^2$ ,比由中等覆盖度转到中低植被覆盖度高出  $2.88 \text{ km}^2$ ;中等植被覆盖度、中高植被覆盖度转出比例最高的分别是中高植被覆盖度、高植被覆盖度,面积分别为  $38.29 \text{ km}^2$ 、 $47.11 \text{ km}^2$ ;高植被覆盖度转出和转入的总面积分别为  $37.11 \text{ km}^2$ 、 $63.52 \text{ km}^2$ ,转出面积远低于转入面积,说明 2013—2018 年青神县植被覆盖情况有好转趋势。

2009—2018 年(见表 5),中低以下植被覆盖度共转出面积为  $18.47 \text{ km}^2$ ,比退化来的面积少  $10.76 \text{ km}^2$ ;中高植被覆盖度转出到中等覆盖度面积和由高覆盖度转入来的面积之和为  $59.86 \text{ km}^2$ ,比转出到高植被覆盖的面积多出  $6.03 \text{ km}^2$ ,这表明近 10 年青神县植被覆盖总体呈现退化特征。

### 3.3 植被覆盖空间动态变化分析

采用差值法量化各个年份之间的植被覆盖度变化,用后一时期的植被覆盖度等级值减去前一时期的植被覆盖度等级值<sup>[18]</sup>。通过差值量化分析 1990—2011 年间的的变化,揭示了青神县 10 年间植被覆盖度动态变化特征(见图 2),结果表明 2009—2013 年青神县中部的城区周边和在修建的成绵乐高铁周边片区的植被覆盖度发生了明显退化,其次是西北部沿思蒙河流域片区,改善区域主要呈点块状集中在西南部和东部丘陵山区。与 2009—2013 年的植被覆盖变化情况相反,2013—2018 年中部平坝河谷地区的植被覆盖度得到了明显改善,退化区域呈点状或块状分散在整个县域范围内,主要集中在罗波乡、黑龙镇、高台乡、瑞峰镇区域内。

对 2009—2018 年青神县植被覆盖度变化的面积和比例进行具体统计可知(见表 6),2009—2018 年青神县植被退化总面积  $63.86 \text{ km}^2$ ,占青神县总面积的 16.5%,其中极大退化区域  $6.69 \text{ km}^2$ ,占总面积的 1.73%。10 年间改善区域的面积  $57.64 \text{ km}^2$ ,占总面积的 14.9%,其中 0.41% 为极大改善区域,14.49% 为改善区域,植被总体退化面积比改善面积多出  $6.22 \text{ km}^2$ ,占总面积的 1.6%,说明 10 年间青神县植被覆盖度总体呈现小幅度退化现象,中部平坝河谷地区的城镇周边植被退化最明显,东南

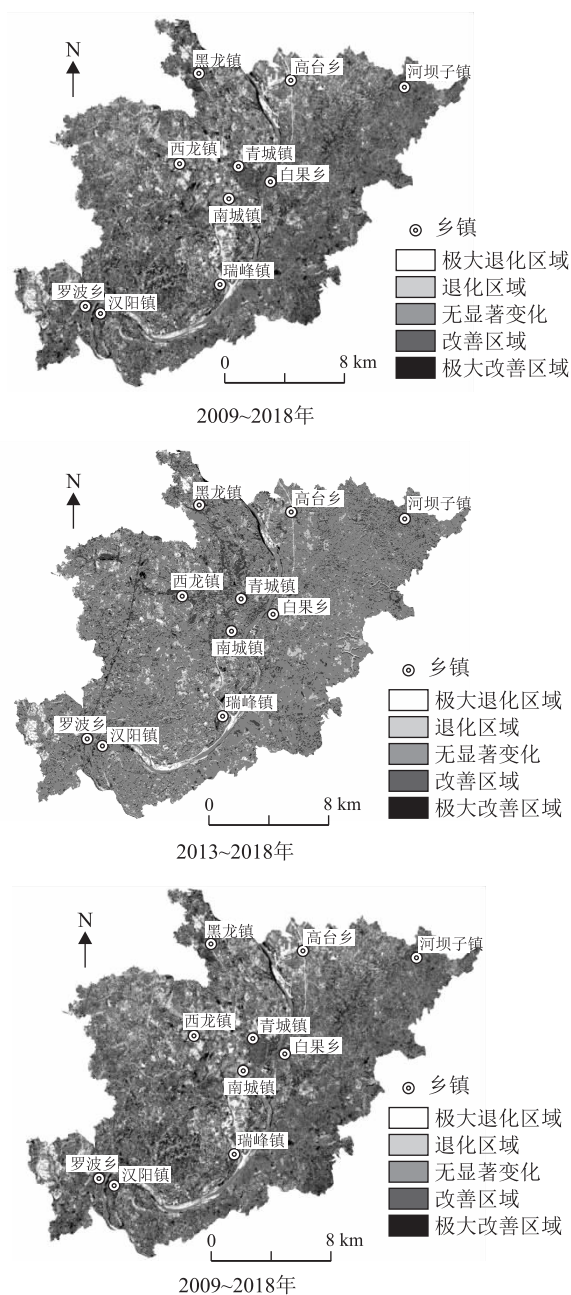


图 2 青神县植被覆盖差值图

Fig. 2 Figure of vegetation cover difference in Qingshen county

表 6 2009—2018 年青神县植被覆盖等级面积变化

Tab. 6 Changes in vegetation cover area in Qingshen county from 2009 to 2018

等级	退化区域		无显著变化	改善区域	
	极大退化	退化		改善	极大改善
面积/ $\text{km}^2$	6.69	57.17	265.34	56.05	1.59
比例/%	1.73	14.78	68.6	14.49	0.41
总计/%	16.50		68.6	14.9	

部和西南部山区植被覆盖总体呈改善特征,位于东南部的青岗山一带和磨儿山一带改善最大,罗波乡

西侧、高台乡靠岷江一侧等个别区域出现植被覆盖极大退化的态势。

为更加精细的分析青神县植被覆盖的空间动态变化情况,本文进一步对2009年、2013年、2018年每个乡镇的植被覆盖度变化进行了分析,并用各植被覆盖度等级面积加权平均来估算平均植被覆盖度,以此来更加直观的观察各乡镇植被覆盖动态变化的特征(见图3)。可以看出,位于中心城区的青神镇和南城镇植被覆盖度相对最低且退化较明显,特别在2009—2013年,平均植被覆盖度分别下降了

21.84%和13.10%,说明青神县植被覆盖退化区域主要集中在中心城区周边。杜柯磊等<sup>[20]</sup>发现青神县2001—2014年建成区面积扩张了20.7 km<sup>2</sup>,城区年均增长面积1.59 km<sup>2</sup>,其中,新增面积的68.24%来源于耕地,28.67%来源于林地。可见,城区的扩张、基础设施的建设侵占了耕地和林地,是青神县植被覆盖发生退化的主要原因。目前,为促进青神县生态环境的可持续发展,重点应在于进一步提升中心城区及周边的植被覆盖度。

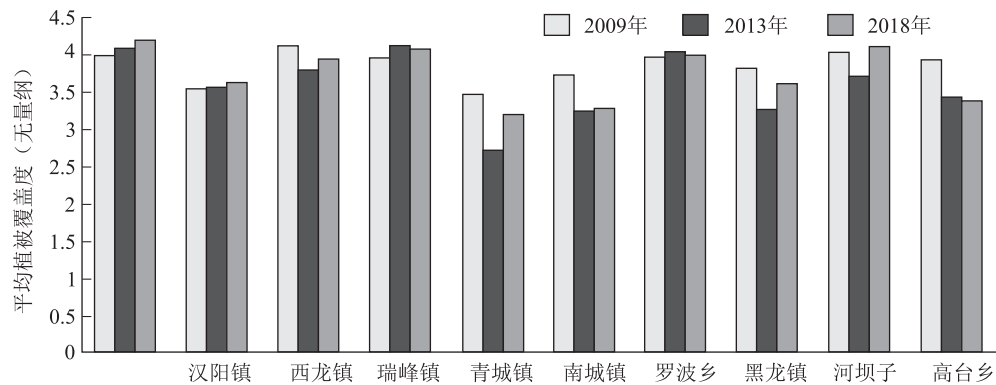


图3 青神县各乡镇不同时期植被覆盖度变化

Fig. 3 Changes of vegetation coverage in different periods in the townships of Qingshen county

#### 4 结论与讨论

本文利用GIS、RS技术手段,基于像元二分模型,通过研究区2009、2013、2018年TM/OIL影像生成青神县植被覆盖分级图,并运用差值法、转移矩阵来分析青神县植被覆盖度的动态变化特征并得出了以下结论:

(1)从3期遥感影像分析得到,青神县域植被覆盖情况良好,3期的中高以上植被覆盖度占总面积的比例均在62%以上。中部平坝河谷区主要以低覆盖为主,向东西方向植被覆盖度逐渐升高,其中植被覆盖高的区域主要集中在东南部和西南部丘陵山区。

(2)通过转移矩阵分析青神县植被覆盖时序变化特征可知,2009—2018近10年间植被覆盖度经历了先退化后改善的趋势,但整体发生退化,这主要表现在青神县植被覆盖度转出面积比例最高的是高植被覆盖度,其次是中高植被覆盖度,转出面积之和为152.04 km<sup>2</sup>,比其被转入的面积多14.83 km<sup>2</sup>,同

时,中等以上植被覆盖度转入到中低以下植被覆盖度的面积比其转出面积多10.76 km<sup>2</sup>。

(3)通过分析2009—2018年青神县植被覆盖度空间动态变化特征得出,青神县植被覆盖度退化面积比改善面积多出6.22 km<sup>2</sup>。但不同地区的植被覆盖度情况呈现出不同的变化特征,中部平坝河谷地区退化明显,西南部和东南部区域的植被有所改善,并经过分析发现,中心城区的扩张是青神县植被退化的主要原因。为促进区域生态环境的可持续发展,应采取措施进一步提高城区及其周边植被覆盖度。

虽然本文通过广泛使用且简单有效的像元二分模型来估算植被覆盖度,但依然存在不足。直接关系到植被覆盖度结果的NDVI<sub>soil</sub>和NDVI<sub>veg</sub>两个参数的取值依然没有统一的标准<sup>[16]</sup>,且遥感影像具有同物异谱、异物同谱的特点<sup>[21]</sup>,对于准确估算植被覆盖度有一定难度,还需要进一步对比和分析不同置信区间的估算结果。同时,本文在时间序列上只分析了2009—2018年间3个节点上的植被覆盖度,对

(下转第87页)

也没有显著变化,但是对于覆盖处理后直播苗苗高的生长量的变化情况是否一直没有限制性的变化,还需要作进一步调查研究。

根据对不同树种的成活情况调查研究发现,枫香、马尾松、马甲子的成活率(2013年9月调查数据)显著高于木荷的成活率,而枫香、马尾松、马甲子的保存率(2014年9月调查数据)仅略高于木荷的保存率,不存在显著性差异。根据对各树种苗高生长量进行方差分析和多重比较发现,枫香、马尾松1年生苗高及2年生苗高均显著高于木荷、马甲子苗高,说明枫香、马尾松比木荷、马甲子更适合在边坡陡坡地生长。在边坡复绿树种选择时,可以多考虑枫香、马尾松等乡土乔木树种,不仅成活率、保存率以及苗木生长量有一定的优势,而且这类深根系特性的乡土乔木树种较其他灌草植被具有更高的生

态效益,能够与周围的生态环境和景观相协调,达到“恢复植被、保护生态”的目的。

#### 参考文献:

- [1] 孙伟. 在区试中应用 Excel 进行方差分析和多重比较[J]. 黄冈职业技术学院学报, 2012, 14(4):82~84.
- [2] 胡军和, 赵文俊, 屈雷, et al. 在兽医科研中应用 Excel 进行方差分析和多重比较(LSD)[J]. 河北农业科学, 2008, 12(6).
- [3] 杜英秋. 对田间试验数据的统计处理方法——格拉布斯准则和应用 EXCEL 进行方差分析、多重比较(LSD)[J]. 中国西部科技, 2009(4):23~25.
- [4] 武兆云. 应用 Excel 进行方差分析和多重比较[J]. 安徽农业科学, 2014(14):4172~4174.
- [5] 郑绍伟, 严代碧, 冯云超, et al. 岷江上游干旱河谷地区不同覆盖处理对几种苗木生长的影响[J]. 四川林业科技, 2005, 26(5):42~45.
- (上接第 28 页)
- 于研究时段内更细致、更连贯的植被覆盖动态变化特征还尚不清楚。
- 参考文献:**
- [1] 陈效述, 王恒. 1982-2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化. 地理学报, 2009, 64(1):84~94.
- [2] 任志远, 李晶. 陕南秦巴山区植被生态功能的价值测评. 地理学报, 2003, 58(4):503~511.
- [3] 孟婷婷, 倪健, 工国宏. 植物功能性状与环境 and 生态系统功能. 植物生态学报, 2007, 31(1):150~165.
- [4] 赵阴红, 工屏, 欧阳勋志, 等. 南昌市植被覆盖度时空演变及其对非气候因素的响应. 生态学报, 2016, 36(12):3723~3733.
- [5] 赵舒怡, 官兆宁, 刘旭颖. 2001-2013 年华北地区植被覆盖度与干旱条件的相关分析. 地理学报, 2015, 70(5):717~729.
- [6] 龚建周, 夏北成. 基于大气辐射校正的广州市植被覆盖度遥感估算[J]. 应用生态学报, 2007, (3)
- [7] 贾坤, 姚云军, 魏香琴, 等. 植被覆盖度遥感估算研究进展[J]. 地球科学进展, 2013, 28(7):774~782.
- [8] 郑朝菊, 曾源, 赵玉金, 等. 近 15 年中国西南地区植被覆盖度动态变化[J]. 国土资源遥感, 2017, 29(3):128~136.
- [9] 苗正红, 刘志明, 王宗明, 等. 基于 MODIS NDVI 的吉林省植被覆盖度动态遥感监测[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(3):387~93.
- [10] 李登科, 范建忠, 王娟. 陕西省植被覆盖度变化特征及其成因[J]. 应用生态学报, 2010, 21(11):2896~2903
- [11] 陈爱京, 傅玮东, 肖继东, 等. 基于像元二分模型的布克赛尔县植被覆盖动态变化分析[J]. 草业科学, 2012, 29(6):857~862.
- [12] 马超飞, 马建文, 哈斯巴干, 等. 基于 RS 和 GIS 的岷江流域退耕还林还草的初步研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4):20~24.
- [13] 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.
- [14] 李晓婷, 贾宝全. 基于 MODIS 的眉山市植被指数变化及其原因分析[J]. 中国城市林业, 2018, 16(01):11~16.
- [15] 陈晋, 陈云浩, 何春阳, 等. 基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J]. 遥感学报, 2001, 5(6).
- [16] 李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4):153~159.
- [17] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]. 北京:中国科学院研究生院(遥感应用研究所)硕士论文, 2003.
- [18] 贾宝全. 基于 TM 卫星影像数据的北京市植被变化及其原因分析[J]. 生态学报, 2013, 33(5):165~1666.
- [19] 周湘山, 孙保平, 赵岩, 等. 土地利用/植被覆盖动态变化及其预测——以河北省涉县为例[J]. 中国农学通报, 2010, 26(19):306~311.
- [20] 杜珂磊, 唐斌. 青神县城市空间扩展及土地利用变化研究[J]. 地理空间信息, 2017, 15(03):103~105+114+12.
- [21] Xiyong Hou, Ting Wu, Liangju Yu, et al. Characteristics of multi-temporal scale variation of vegetation coverage in the Circum Bohai Bay Region, 1999 - 2009[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(6).