

## 昆明市植被覆盖变化特征分析——基于 Landsat 遥感影像数据

王爱芸<sup>1</sup>, 陆驰<sup>2</sup> (1. 云南大学资源环境与地球科学学院, 云南昆明 650091; 2. 西南林业大学林学院, 云南昆明 650224)

**摘要** 以昆明市主城区及呈贡新区为研究区域, 其于 1992 年 Landsat 5 TM、2001 年 Landsat 7 ETM+、2014 年 Landsat 8 遥感影像数据, 运用归一化植被指数 (NDVI) 和植被覆盖度遥感定量模型, 在 ENVI 5.1、ArcGIS 10.1 软件的支持下, 提取 3 个时相的植被覆盖度等级, 定量分析了该地区的植被覆盖度变化情况。结果表明, 昆明市主城区及呈贡新区植被覆盖等级以高植被覆盖为主; 1992~2014 年植被覆盖以高→中等、高→中高为主要转换类型; 植被覆盖等级与环境、农业、城市建设政策息息相关。

**关键词** 遥感; NDVI; 植被覆盖度; Landsat

**中图分类号** S127; TP79 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)18-326-03

### Analysis of Kunming Vegetation Variation Characteristics Based on Landsat Remote Sensing Image Data

WANG Ai-yun<sup>1</sup>, LU Chi<sup>2</sup> (1. Resources and Environment and Earth Science of Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091; 2. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

**Abstract** Taking the main urban area of Kunming and Chenggong new area as the study area, based on the Landsat 5 TM in 1992, the Landsat 7 ETM+ in 2001 and the Landsat 8 in 2014 remote sensing images as the research data, using the normalized difference vegetation index (NDVI) and the vegetation coverage remote sensing quantitative model, with the support of ENVI 5.1 and ArcGIS 10.1 software, the vegetation cover level of three time phase were extracted and changes in the vegetation coverage were quantitatively analyzed. The results showed that the main urban area and Chenggong new area of Kunming City mainly is high vegetation coverage; high to middle and high to middle high is the main transition type of vegetation coverage during 1992-2014; vegetation coverage grade is closely related with environment, agriculture, urban construction policy.

**Key words** Remote sensing; NDVI; Vegetation coverage; Landsat

植被是地球生态系统不可或缺的组成部分, 植被覆盖度是定量描述地表植被覆盖情况的重要参数, 是指示植被生长状况的指示器。目前估算植被覆盖度的方法也比较多, 其中又以通过植被指数反演植被覆盖度的应用较为广泛。

植物叶片在可见光的红光波段具有一个强烈的吸收谷, 在近红外波段具有一个较高的反射峰, 利用植被在不同波段反差较大的光谱特征, 有效地综合各有关光谱信号, 把多波段反射率做一定的线性或非线性组合, 构建对地表植被生长状况简单、有效和经验的度量——植被指数, 在增强植被信息的同时减少非植被信息<sup>[1-2]</sup>。目前, 国内外学者已定义了 40 多种植被指数, 被广泛应用于全球与区域的森林资源管理、植被覆盖度估算、干旱监测、作物识别与预报、荒漠化、土地利用类型、生态环境等方面。如陈云浩等在对草地与农牧交错带的研究中发现 Ts(地表温度)/NDVI 所含信息最丰富, 利用 NDVI-Ts 空间能够揭示不同植被类型的特征空间, 易于理解地表植被变化过程<sup>[3]</sup>。Rastmanesh 等采用描述性统计和 K-均值聚类分析方法研究空气污染对植被退化的影响, 结果表明 NDVI 能作为一个有价值的植被监测工具, 并且在植被稀疏区也能较好地应用<sup>[4]</sup>。

笔者以 1992 年 8 月、2001 年 6 月、2014 年 4 月 3 个时相的 Landsat 遥感影像数据为基础, 以遥感、空间分析技术为手段, 在 ENVI 5.1、ArcGIS 10.1 软件的支持下, 通过对影像数据的处理, 提取 NDVI(归一化植被指数)以及分析、统计等操作估算植被覆盖度, 从而监测 1992~2014 年昆明市主城区及呈贡新区的植被覆盖变化情况, 为昆明市生态文明建设、城市规划等工作提供参考, 为该区域的建设和开发中的环境

质量综合考核提供科学、准确、量化的评价依据。

## 1 数据来源与研究方法

**1.1 研究区概况** 昆明市是云南省的省会城市, 地处我国西南部的云贵高原中部, 城市平均海拔 1 891 m, 市区三面环山, 南面为滇池。地势大致北高南低, 中部隆起, 东西两侧较低。属北亚热带低纬高原山地季风气候, 冬无严寒、夏无酷暑、干湿分明, 多年平均气温 14.7℃。研究区地理坐标为 102°20'~103°3'E、24°42'~25°27'N, 面积 2 750 km<sup>2</sup>。

**1.2 数据来源** 通过遥感手段研究植被覆盖的变化情况, 研究区 4~9 月为植物主要生长季, 因此选择植物生长旺盛季节的遥感影像进行植被覆盖变化定量分析。该研究采用 1992 年 8 月 16 日的 Landsat 5 TM、2001 年 6 月 14 日的 Landsat 7 ETM+、2014 年 4 月 23 日的 Landsat 8 数据, PATH/ROW 为 129/43, 覆盖研究区的影像均无云。

## 1.3 研究方法

**1.3.1 数据预处理。** 主要对研究数据进行辐射定标、大气校正处理。辐射定标的目的是消除传感器本身的误差, 从而确定传感器入口处的准确辐射值。大气校正的目的是消除大气散射、吸收、反射引起的误差。目前, 遥感影像的大气校正方法很多, 该研究采用 FLAASH 大气校正工具, 它是基于 MODTRAN4+ 辐射传输模型, 该算法支持的传感器种类多且精度高, 不依赖遥感成像时同步测量的大气参数数据, 并且可以有效地去除水蒸气/气溶胶散射效应。利用昆明市行政区划矢量数据对处理后的影像进行裁剪。

**1.3.2 归一化植被指数 (NDVI) 提取。** 归一化植被指数 (NDVI) 是由 Rouse 等在对比值植被指数 (RVI) 非线性归一化处理得到的植被指数<sup>[5]</sup>。由于 NDVI 可以消除大部分与仪器定标、太阳角、地形、云、阴影和大气条件有关辐照度的变化, 增强了对植被的响应能力<sup>[1]</sup>, 是目前已定义植被指

数中应用最广的一种。

该研究中 NDVI 的计算式为:

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

式中,  $\rho_{NIR}$  为近红外波段反射值;  $\rho_R$  为红波段反射值。具体应用到 TM/ETM+ 遥感影像时,  $\rho_{NIR}$  为影像第三通道的反射值。  $\rho_R$  为影像第四通道的反射值; 应用到 Landsat 8 遥感影像时,  $\rho_{NIR}$  为影像第四通道的反射值;  $\rho_R$  为影像第五通道的反射值。

**1.3.3 DN 值二值化。** 在 ENVI 软件中应用下式对提取的 NDVI 进行 DN 值二值化处理:

$$(b_1 \text{ lt } - 1) \times 0 + [(b_1 \text{ ge } - 1) \text{ and } (b_1 \text{ le } 1)] \times b_1 + (b_1 \text{ gt } 1) \times 1 \quad (2)$$

式中,  $b_1$  为提取的 NDVI 数据; lt 为小于 (<); ge 为大于等于 ( $\geq$ ); le 为小于等于 ( $\leq$ ); gt 为大于 (>)。

**1.3.4 估算植被覆盖度。** 运用植被指数法<sup>[6]</sup> 反演植被覆盖度 (VFC), 计算公式为:

$$VFC = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \quad (3)$$

式中,  $NDVI_s$  为裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值;  $NDVI_v$  为纯植被像元的 NDVI 值。

$$NDVI_s = (VFC_{\max} \times NDVI_{\min} - VFC_{\min} \times NDVI_{\max}) / (VFC_{\max} - VFC_{\min}) \quad (4)$$

$$NDVI_v = [(1 - VFC_{\min}) \times NDVI_{\max} - (1 - VFC_{\max}) \times ND-$$

$$VI_{\min}] / (VFC_{\max} - VFC_{\min}) \quad (5)$$

式中,  $NDVI_{\max}$  和  $NDVI_{\min}$  分别为区域内最大和最小的 NDVI 值。由于图像中存在不可避免的噪声, 故  $NDVI_{\max}$  和  $NDVI_{\min}$  取一定置信度范围内的最大值和最小值。该研究依据前人研究的经验, 在对影像进行统计分析的基础上, 确定  $NDVI_{\max}$ 、 $NDVI_{\min}$  分别在累积概率 95% 和 5% 处, 此时式(3) 转变为:

$$VFC = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min}) \quad (6)$$

故在 ENVI 软件中估算植被覆盖度的公式为:

$$(b_1 \text{ lt } NDVI_{\min}) \times 0 + (b_1 \text{ gt } NDVI_{\max}) \times 1 + (b_1 \text{ ge } NDVI_{\min} \text{ and } b_1 \text{ le } NDVI_{\max}) \times [(b_1 - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min})] \quad (7)$$

式中,  $b_1$  为提取的 NDVI 数据; lt 为小于 (<); ge 为大于等于 ( $\geq$ ); le 为小于等于 ( $\leq$ ); gt 为大于 (>)。

## 2 结果与分析

**2.1 植被覆盖度提取结果** 根据 VFC 值及前人的研究经验将昆明市主城区及呈贡新区植被覆盖度分为 6 个等级, 分别为: 无植被覆盖 ( $VFC = 0$ )、极低植被覆盖 ( $0 < VFC \leq 0.1$ )、低植被覆盖 ( $0.1 < VFC \leq 0.3$ )、中等植被覆盖 ( $0.3 < VFC \leq 0.5$ )、中高植被覆盖 ( $0.5 < VFC \leq 0.7$ ) 和高植被覆盖 ( $0.7 < VFC$ )。各等级的面积和所占面积的百分比见表 1, 植被覆盖情况如图 1 所示。

表 1 昆明市主城区及呈贡新区植被覆盖度分级统计

分级	1992 年 8 月		2001 年 6 月		2014 年 4 月	
	面积//km <sup>2</sup>	所占百分比//%	面积//km <sup>2</sup>	所占百分比//%	面积//km <sup>2</sup>	所占百分比//%
无植被覆盖	125.95	4.58	137.21	4.99	129.32	4.70
极低植被覆盖	70.46	2.56	24.53	0.89	73.61	2.68
低植被覆盖	117.40	4.27	184.80	6.72	178.44	6.49
中等植被覆盖	242.27	8.81	408.51	14.86	666.91	24.25
中高植被覆盖	522.54	19.00	727.79	26.47	611.70	22.24
高植被覆盖	1 671.39	60.78	1 267.16	46.08	1 090.01	39.64

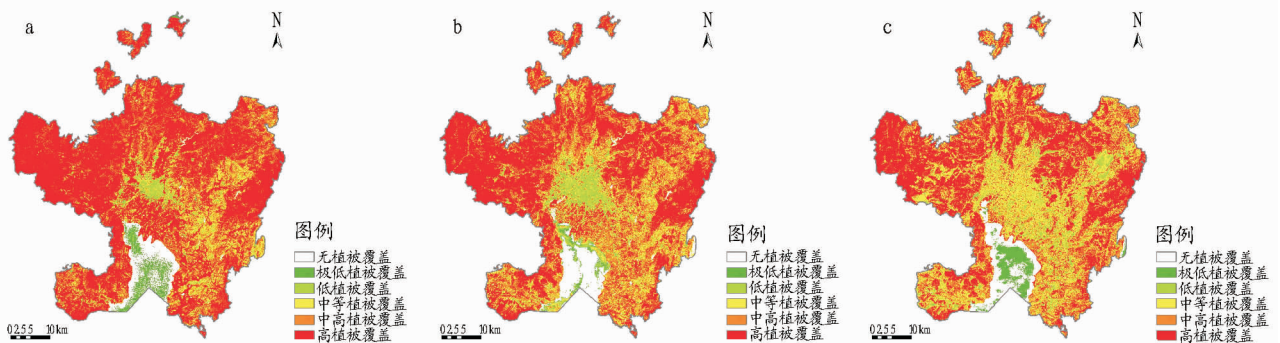


图 1 昆明市主城区及呈贡新区 3 时相植被覆盖情况

**2.2 植被覆盖度变化分析** 为了分析昆明市主城区及呈贡新区不同植被覆盖等级之间的转换特征, 在 ArcGIS 10.1 软件中进行矢栅转化, 形成不同斑块的矢量图, 在对 3 期植被覆盖等级矢量数据做叠加分析之后, 利用 Excel 透视表得到昆明市主城区及呈贡新区不同阶段植被覆盖等级变化转移矩阵, 得到研究区植被覆盖度变化统计结果 (表 2)。

由表 1、2 可知:

(1) 中等植被覆盖属于增加型, 高植被覆盖属于减少型, 而无植被覆盖、极低植被覆盖、低植被覆盖和中高植被覆盖处于一个波动变化的状态。

(2) 中等植被覆盖面积持续增加, 从 1992 年的 242.27 km<sup>2</sup> 增加到 2001 年的 408.51 km<sup>2</sup> 再到 2014 年的 666.91 km<sup>2</sup>, 相应的年变化率为 7.62% (第一阶段) 和 4.87% (第二阶段), 22 年共增加了 424.64 km<sup>2</sup>, 为总面积的 15.44%。在

第一阶段,从无、极低、低、中高和高植被覆盖分别转入 4.95、4.85、10.75、23.46、122.24 和 166.25 km<sup>2</sup>,在第二阶段,从低、中高和高植被覆盖分别转入 50.07、134.00、87.09 km<sup>2</sup>,同时

向无植被覆盖和极低植被覆盖区分别转出 10.73、2.03 km<sup>2</sup>,导致了中等植被覆盖区面积的扩大,可见低、中高和高植被覆盖区是中等植被覆盖区转入的主要渠道。

表2 植被覆盖度变化统计结果

分级	1992~2001年(第一阶段)		2001~2014年(第二阶段)	
	面积//km <sup>2</sup>	所占百分比//%	面积//km <sup>2</sup>	所占百分比//%
无植被覆盖	11.26	0.41	-7.89	-0.29
极低植被覆盖	-45.93	-1.67	49.08	1.78
低植被覆盖	67.40	2.45	-6.36	-0.23
中等植被覆盖	166.25	6.05	258.40	9.40
中高植被覆盖	205.26	7.46	-116.09	-4.22
高植被覆盖	-404.23	-14.70	-177.15	-6.44

(3) 高植被覆盖面积持续减少,从 1992 年的 1 671.39 km<sup>2</sup> 减少到 2001 年的 1 267.16 km<sup>2</sup> 再到 2014 年 1 090.01 km<sup>2</sup>,22 年共损失了 581.38 km<sup>2</sup>,为总面积的 24.14%。主要从高植被覆盖转向低、中等和高中植被覆盖区,其中在第一阶段分别转出 43.06、122.24 和 241.30 km<sup>2</sup>,在第二阶段分别转出 29.75、87.09 和 56.91 km<sup>2</sup>。城市扩张是造成高植被覆盖面积减少的重要原因,据陈贵良等利用中国科学院资源环境数据中心提供的 1990、2000、2008 年昆明市土地利用现状矢量数据研究结果<sup>[7]</sup>,该研究的西山区、官渡区、呈贡新区范围内,耕地、林地、草地的面积基本呈下降趋势,而建设用地的面积却大幅度增加,大面积的耕地被征用为建设用地。

(4) 无植被覆盖和极低植被覆盖处于一个波动变化的状态,前者先增后减,后者先减后增;且前者在 1992~2001 年、2001~2014 年 2 个阶段的变化面积不大,分别为增加 11.26 km<sup>2</sup>、减少 7.89 km<sup>2</sup>;后者在 2 个阶段的变化面积相差较少,分别为减少 45.93 km<sup>2</sup>、增加 49.08 km<sup>2</sup>。

(5) 1992~2014 年研究区低植被覆盖和中高植被覆盖面积先增加后减少,并且总体较 1992 年都为增加。前者 22 年共增加 61.04 km<sup>2</sup>,为总面积的 2.22%,主要由高、中等、极低植被覆盖区转入,22 年来分别转入 72.81、49.65、2.97 km<sup>2</sup>,同时向无植被覆盖和中等植被覆盖区分别转出 3.56、60.83 km<sup>2</sup>;后者 22 年共增加 89.17 km<sup>2</sup>,为总面积的 3.24%,主要由高、极低植被覆盖区转入,22 年来分别转入 298.21、1.22 km<sup>2</sup>,同时向中等、低、无植被覆盖区分别转出 157.46、49.65、3.15 km<sup>2</sup>,可见,高植被覆盖区是中高植被覆盖区转入的主要渠道。

**2.3 植被覆盖时空演变分析** 由图 1 可知,昆明市主城区及呈贡新区植被覆盖空间变化情况主要如下:

(1) 城市中心区由低植被覆盖向中等植被覆盖转变,并且呈爆发式向四周扩增。

(2) 高植被覆盖区变化显著,1992 年该区主要分布在城市中心区的四周的山地地区,随着时间的推移,城市的发展,研究区的西南和东南部以中等和高中植被覆盖为主。

(3) 研究区的南部为滇池,极低植被覆盖在该部分变化明显,1992 年极低植被覆盖主要分布在湖中央及西山与海埂公园的交界处;2001 年湖中央无植被覆盖,但可见靠近如今的环湖东路一侧的湖边为低植被覆盖及中等植被覆盖;2014

年湖中央为极低植被覆盖。可见,该区域的植被覆盖是一个波动变化的过程。

### 3 结论

(1) 昆明市主城区及呈贡新区植被覆盖等级以高植被覆盖为主,其次为中高、中等、低、无、极低植被覆盖。1992~2014 年中等和高植被覆盖区的变化幅度最大,前者为增加型,后者为减少型,其余植被覆盖等级处于波动变化状态。

(2) 高植被覆盖区分布最为广泛,在第一阶段主要分布在城市中心区的四周的山地地区,在第二阶段西南和东南部以中等和高中植被覆盖为主。植被覆盖等级与区域土地利用类型密切相关,即林地比例越多,植被覆盖等级越高。

(3) 从植被覆盖等级相互转换特征来看,1992~2001 年以中等→中高、高→中等、高→中高为最主要的转换类型;2001~2014 年以低→中等、中等→中高、高→中等、高→中高为最主要的转换类型;1992~2014 年以高→中等、高→中高为最主要的转换类型。

(4) 植被覆盖等级与环境、农业、城市建设政策息息相关。研究表明,环境保护力度越大,对农业、林业和农村经济扶持较好,生态环境就越好,植被覆盖等级呈现较高趋势;反之,新建城市力度越大,大量耕地、林地被征用,植被覆盖等级就会从高级别转向低级别。该研究通过遥感影像监测昆明市主城区及呈贡新区的植被变化,对昆明市的生态文明建设和城市规划具有一定的参考意义。

### 参考文献

- [1] 郭妮. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71-75.
- [2] 罗亚, 徐建华, 岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法述评[J]. 生态科学, 2005, 24(1): 75-79.
- [3] 陈云浩, 杜培军, 李晓兵, 等. 基于卫星遥感数据的地表信息特征——NDVI-Ts 空间描述[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2005, 30(1): 11-14, 18.
- [4] RASTMANESH F, MOORE F, KHARRATI-KOPAEI M, et al. Monitoring deterioration of vegetation cover in the vicinity of smelting industry, using statistical methods and TM and ETM+ imageries, Sarcheshmeh copper complex, Central Iran[J]. Environ Monit Assess, 2010, 163: 397-410.
- [5] ROUSE J W, HAAS R H, SCHELL J A, et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS[C]//Proceedings of third earth resources technology satellite-1 symposium. Greenbelt: NASA SP-351, 1974: 310-317.
- [6] 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.
- [7] 陈贵良, 杨为民, 迟文峰, 等. 昆明市土地利用时空特征变化分析[J]. 安徽农学通报, 2013, 19(22): 10-13.