

安徽省植被覆盖度动态变化及其对地形的响应

姚镇海¹, 吴丹娃¹, 褚荣浩¹, 姚叶青¹, 何彬方², 黄勇²

(1.安徽省公共气象服务中心, 安徽 合肥 230031; 2.安徽省气象科学研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要: [目的] 探究安徽省植被覆盖度的时空变化特征与地形的相互关系, 为当地资源开发中加强生态环境建设提供理论依据。[方法] 在 GIS 与 RS 技术支持下, 使用安徽省 2001—2019 年逐月 MODIS/NDVI 数据, 2001—2019 年土地分类数据和安徽省 DEM 海拔、坡向地形数据, 分析植被覆盖度时空变化特征及其与地形因子相互关系。[结果] 安徽省植被覆盖度季节变化特征明显。1 月、10—12 月, 全省植被覆盖度呈现低值, 且山区高于平原; 2—5 月, 淮北平原地区植被覆盖度呈现高值, 6 月迅速减小; 7—9 月全省范围植被覆盖度呈现高值, 大部地区植被覆盖度高于 0.8, 山区平原空间差异最小。全省植被覆盖度年变化率为 0.003 9/a, 与时间相关性显著 ($R^2=0.814 8$)。不同海拔区间内, 植被覆盖度四季差异明显。受下垫面地表类型影响, 200 m 以下植被覆盖度呈现低值, 200~350 m 植被覆盖度陡然升高, 1 250 m 以上植被覆盖度呈下降趋势。各坡向四季植被覆盖度夏季>秋季>春季>冬季。北坡、南坡分别为峰值、谷值。南、北向山区植被覆盖度差异呈逐年波动下降趋势, 其差异值多年平均值夏季最低(0.009 3), 秋季最高(0.014 2), 春冬季分别为 0.013 9, 0.012 5。[结论] 安徽省海拔、坡向显著影响植被覆盖度动态变化特征, 需结合地形特点合理开发利用地表资源, 并做好生态环境保护工作。

关键词: 安徽省; 植被覆盖度; 动态变化; 地形关系分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)03-0283-08

中图分类号: S157.1, TP79

文献参数: 姚镇海, 吴丹娃, 褚荣浩, 等. 安徽省植被覆盖度动态变化及其对地形的响应[J]. 水土保持通报, 2021, 41(3): 283-290. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.20210430.001; Yao Zhenhai, Wu Danwa, Chu Ronghao, et al. Dynamic change of vegetation coverage and its response to topography in Anhui Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(3): 283-290.

Dynamic Change of Vegetation Coverage and Its Response to Topography in Anhui Province

Yao Zhenhai¹, Wu Danwa¹, Chu Ronghao¹, Yao Yeqing¹, He Binfang², Huang Yong²

(1. Anhui Meteorological Service Center, Hefei, Anhui 230031, China;

2. Anhui Meteorological Research Institute, Hefei, Anhui 230031, China)

Abstract: [Objective] The relationship between the spatial-temporal variation characteristics of vegetation coverage and topography in Anhui Province was explored in order to provide a theoretical basis for local resource development and ecological environment construction. [Methods] With the support of GIS and RS technology, MODIS / NDVI data of Anhui Province from 2001 to 2019, land classification data from 2001 to 2019, and DEM elevation and aspect topographic data of Anhui Province were used to analyze the spatio-temporal variation characteristics of vegetation coverage and its relationship with topographic factors. [Results] The seasonal variation characteristics of vegetation coverage in Anhui Province were obvious. In January and October to December, the vegetation coverage of Anhui Province was low, and the mountain area was higher than the plain; from February to May, vegetation coverage of Huaibei Plain was high, and decreased rapidly in June; from July to September, the vegetation coverage of Anhui Province was high, with most of the areas greater than 0.8, and the smallest spatial differences observed in the mountain and plain areas. The

收稿日期: 2020-11-11

修回日期: 2021-01-25

资助项目: 安徽省气象局科研项目“基于通用热气候指数的安徽省夏季气候舒适度精细化评价与预测研究”(KM202003)

第一作者: 姚镇海(1989—), 男(汉族), 安徽省合肥市人, 硕士, 工程师, 主要从事 GIS 与应用气象工作。Email: 18256589121@163.com。

通讯作者: 吴丹娃(1972—), 女(汉族), 安徽省合肥市人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事气候资源开发利用方面的研究。Email: wudanwa@126.com。

annual change rate of vegetation coverage was 0.003 9/a, and this change rate was significantly correlated with time ($R^2 = 0.814 8$). Differences in vegetation coverage in the four seasons were obvious at different altitudes. Vegetation coverage below 200 m was affected by underlying surface types and showed low values. Vegetation coverage increased sharply between 200 m and 350 m, and presented a downward trend above 1 250 m. Vegetation coverage during the four seasons followed the order of summer > autumn > spring > winter. The north and south slopes presented the maximum and minimum values, respectively. Differences of vegetation coverage in the south and north mountain areas showed a downward trend over time. The annual average vegetation coverage differences of south and north mountains were lowest in summer (0.009 3) and highest in autumn (0.014 2), while values in spring and winter were 0.013 9 and 0.012 5, respectively. [Conclusion] Altitude and aspect affected the dynamic variation characteristics of vegetation coverage significantly in Anhui Province. Considering these terrain characteristics is necessary for reasonable development and utilization of land surface resources, as well as for protecting the ecological environment.

Keywords: Anhui Province; vegetation coverage; dynamic change; terrain relationship analysis

植被是旅游资源的重要组成部分,其释放出的氧气或负离子非常利于人体的保健^[1]。对植被资源的发掘就是让“绿水青山”助力安徽旅游经济的发展,为创建美丽安徽添砖加瓦。植被覆盖度不仅能表征植被茂盛程度,而且能体现植物光合作用面积多寡,是反映生态系统的重要指标。传统法通过测得植被垂直投影面积占统计区总面积的百分比给出植被覆盖度的实测结果。该方法虽然受效率低、监测区域面积的限制,但精度优良,实时性好。使用卫星遥感影像进行植被覆盖度的估算,相比传统仪器观测方法变得更加简洁、时间连续性好、覆盖面积广阔,利于多研究领域应用推广^[2]。除了传统监测、卫星监测,基于无人机多光谱影像亦可获取地表植被信息。无人机遥感技术具有作业效率高、灵活性好、空间分辨率优良等优点,非常适宜局地考察监测。但受无人机系统续航能力局限性,其监测范围和长时间观测能力难以媲美卫星遥感手段。受叶绿素、细胞结构和含水量等要素影响,植被在可见光到近红外光谱段呈现典型的光谱曲线,采用不同谱段测量值进行组合,得到植被指数用于表征地面植被生长特征^[3-5]。归一化植被指数(NDVI)对植被绿色信息敏感,对全球或区域植被生长监测有良好的效果。NDVI 估算植被覆盖度则是一种成熟的技术方法^[6-8]。已有研究表明:影响植被覆盖度主要气候因素有降水、气温,随季节性变化,各气候区气候因子的影响程度不同^[9-13]。植被覆盖度具有时空尺度的依赖性,不同时空尺度下呈现明显差异^[14-16]。

安徽省拥有平原、丘陵、山地等丰富的地形地貌。皖北平原多耕地,大别山和皖南山区旅游资源丰富,森林茂盛。虽然前人对安徽省植被指数和气候要素的关系有过研究,但对于植被覆盖度与地形之间的关系研究相对较少。对安徽省植被覆盖度动态变化与地形响应的研究分析,可为安徽省农业种植,或发展相关旅游

产业提供精细化的生态学参考依据。因此,本研究基于安徽省 2001—2019 年的 MODIS 植被指数数据,计算出植被覆盖度,结合安徽省土地分类和地形数据,运用统计分析方法研究植被覆盖度的动态变化与地形因子的相互关系,为安徽省生态建设提供理论支持。

1 研究区概况

安徽省地处长江中下游地区,是暖温带与亚热带过渡区,受季风气候影响四季分明,物种多样,山区森林资源丰富。东邻江苏省,南接江西省,东南与浙江省接壤,西边与河南、湖北省接壤,北边与河南、山东省相会。位于 114°54′—119°27′E 和 29°41′—34°38′N 之间。东西宽、南北长分别约 450 km,570 km。作为中国东部地区的农业和旅游大省,安徽省地势西高东低、南高北低(图 1)。涵盖平原、丘陵和山地等地貌。其中,皖西坐落着大别山腹地,南部为皖南山区。

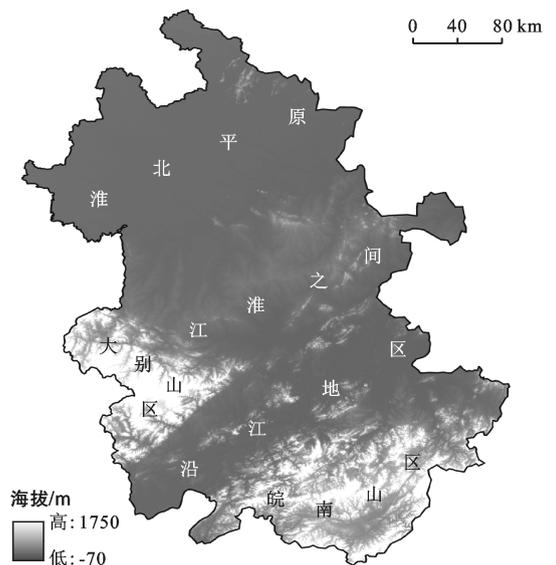


图 1 安徽省地形图

2 数据来源与方法

2.1 数据来源预处理

遥感数据来源于 EOS/MODIS 卫星数据,数据网址:https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov。其中 2001—2019 年 MOD13Q1 归一化植被指数 NDVI 产品时间分辨率 16 d,空间分辨率 500 m×500 m。MCD12 Q1 土地分类数据时间分辨率为 1 a,空间分辨率 500 m×500 m。地理地形数据包括安徽省 DEM 栅格数据、行政边界矢量数据。其中 DEM 高程数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台提供的 SRTM3 高程数据,分辨率 90 m×90 m,重采样到 500 m×500 m。

使用 MRT (MODIS Reprojection Tools) 将 MOD13A1 NDVI 数据、MCD12 Q1 土地分类数据各自拼接,并将其转换为 WGS 84/Albers Equal Area Conic 投影结果。采用最大合成法 (MVC) 将 16 d 的 NDVI 数据合成为逐年各月结果^[17]。最后使用安徽省矢量边界裁切得到研究区内的遥感影像。研究表明,平原地区进行坡向提取生成的结果较为随机,缺乏物理意义,地理分析时需要将其剔除^[18]。故依据 DEM 的空间分辨率,在 ArcGIS 中将 DEM 高度大于 100 m 作为阈值进行掩模,提取掩膜内的数据用于坡向分析。

2.2 植被覆盖度的计算

基于像元二分模型法计算植被覆盖度。单个遥感影像的像元由包含植被在内的多种混合地物组成。每个像元的 NDVI 值理论上可划分为纯植被和土壤合成的混合像元,计算公式如下:

$$NDVI = NDVI_v \times V_c + NDVI_s \times (1 - V_c) \quad (1)$$

式中:NDVI 代表混合像元归一化植被指数,NDVI_v 为纯植被 NDVI 值,NDVI_s 为土壤 NDVI 值,V_c 为混合像元下的植被覆盖度。其中,NDVI_v 与 NDVI_s 是获取植被覆盖度的两个关键参数。可通过获取 NDVI 灰度值分布,基于累计频率法得到多年逐月 NDVI_v 与 NDVI_s 数值^[19-20]。在植被稀疏地区和中国荒漠地区,二分模型估算植被覆盖度误差较大,但在中国东南等季风区可以良好适用。由此得植被覆盖度计算公式:

$$V_c = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (2)$$

2.3 植被覆盖度随海拔、坡向变化分析

依据上述计算方法,给出植被覆盖度多年平均逐月空间分布场与年变化结果。定义春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)和冬季(12月至翌年2月),分别计算各季节植被覆盖度。依据安徽省海拔分布,将 DEM 划分为 7 个区间:200 m 以下;200~350, 350~500,500~750,750~1 000,1 000~1 250 m 和 1 250 m 以上。统计各海拔区段内植被覆盖度的平均值,结合各海拔区段内土地类型统计结果,分析植被覆盖度垂直方向分布特征。使用高度大于 100 m 的海拔掩膜处理后的 DEM 数据计算坡向。定义北坡(337.5°~22.5°)、东北坡(22.5°~67.5°)、东坡(67.5°~112.5°)、东南坡(112.5°~157.5°)、南坡(157.5°~202.5°)、西南坡(202.5°~247.5°)、西坡(247.5°~292.5°)和西北坡(292.5°~337.5°)这 8 个坡向。统计各坡向内的植被覆盖度和土地类型,分析植被覆盖度水平向分布特征(图 2)。

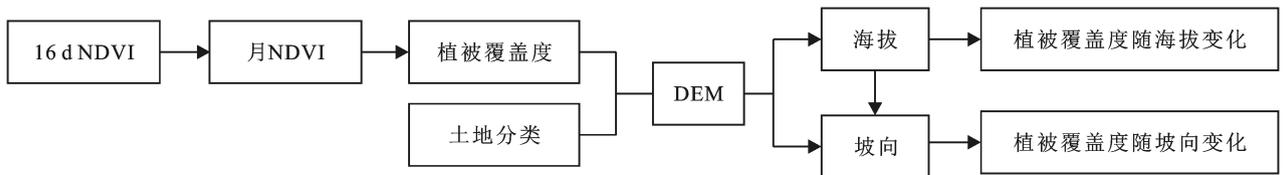


图2 植被覆盖度计算与海拔、坡向分析流程图

3 结果与分析

3.1 植被覆盖度月变化特征

图3为安徽省各月植被覆盖度空间分布状况。从图3可知,全省植被覆盖度低值区(0.2以下)多为河流、湖泊,表现为条带状、块状的图斑。植被覆盖度季节变化显著,夏高冬低。1月、10—12月,山区植被覆盖度高于平原,且差异明显。2—5月,淮北平原地

区高于山区,6月迅速减小。安徽省淮北平原为小麦主产区,冬小麦生长、收割会造成植被覆盖度的变化。7—9月植被覆盖度达到最高值,全省大部地区超过0.8,且山区平原差异达到最小,体现出全省范围夏季植被生长繁茂的特征。安徽省最大的淡水湖巢湖,全年植被覆盖度呈现低值(低于0.2),但7—10月西半湖值区介于0.2~0.4之间,比其他湖区偏高,这可能与水体表面的叶绿素成分增多有关。

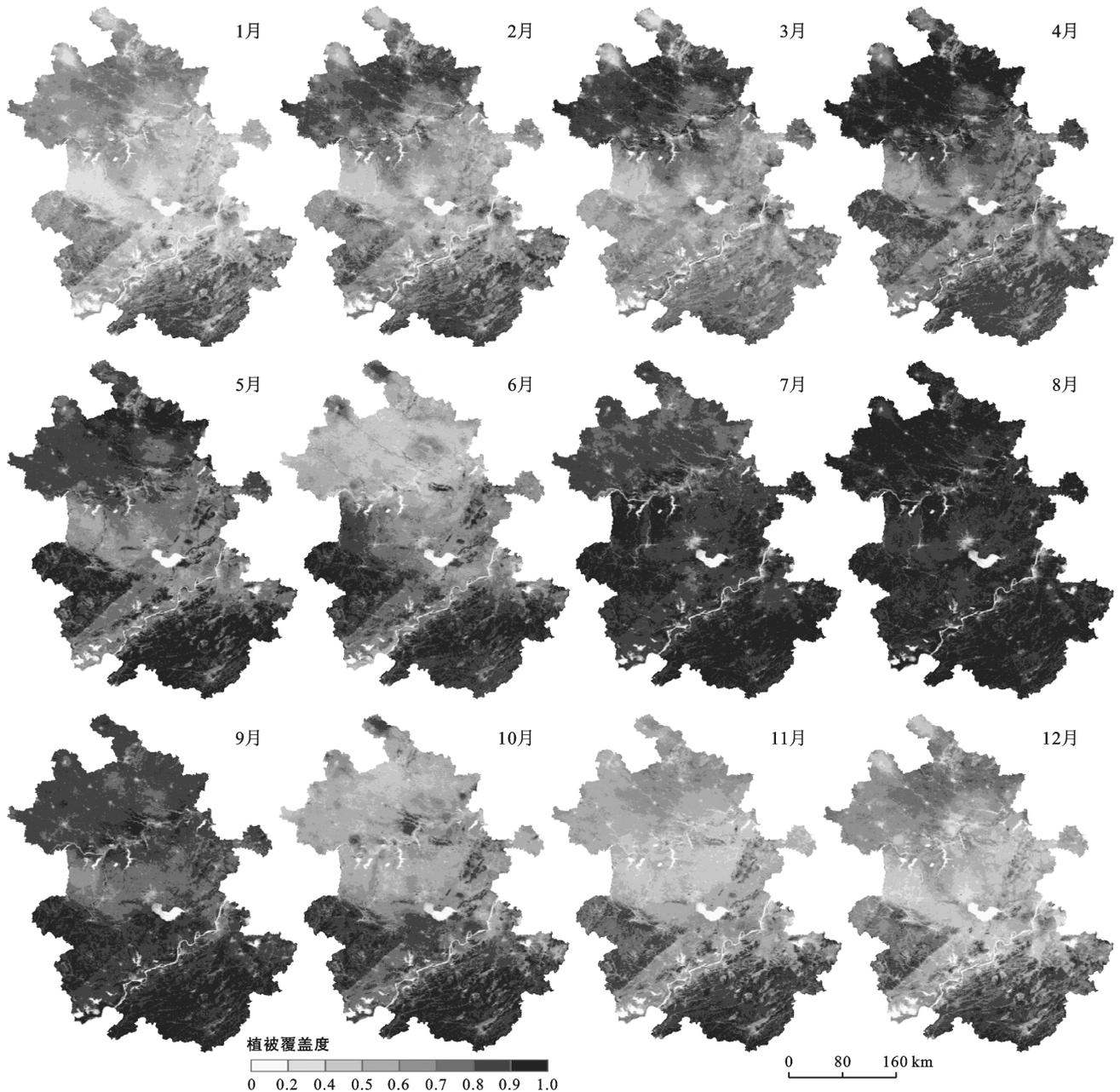


图 3 安徽省各月植被覆盖度空间分布特征

3.2 植被覆盖度的年变化特征

统计全省植被覆盖度的逐年变化,得到如图 4 结果。由图 4 可知:2001—2019 年全省植被覆盖度呈现波动上升趋势。变化范围在 0.72~0.80 之间,拟合表达式为 $y=0.0039x-7.0851$, R^2 值高达 0.8148,与时间相关性显著。近 19 a 来全省植被覆盖度以 0.0039/a 的变化率上升。

基于 MCD12 Q1 土地分类数据,统计各类地表类型的植被覆盖度年变化。受数据空间分辨率和混合像元的影响,我们发现土地分类数据里:多树草地、稀树草地在光谱特性与时间变化上类似,无法进一步区分每个子类的详细特征。为利于统计,区分类别,

故将这两类地物合并为一大类:多树/稀树草地,统计名称定义为“树草地”(下同)。给出了 6 类地物:常绿林、落叶林、混交林、树草地、耕地和城镇的植被覆盖度逐年变化(图 5)。其数值从高到低分别为:常绿林>混交林>落叶林>树草地>耕地>城镇,这与下垫面植被类型等因素有关。6 类地物中,耕地、城镇、树草地和常绿林植被覆盖度上升趋势显著,且通过显著性 0.05 检验。其中耕地年变化趋势最高,达 0.0055/a,城镇 0.0028/a,树草地为 0.0026/a。而常绿林植被覆盖度年变化趋势最低,为 0.0005/a。落叶林与混交林年变化趋势不显著,且未通过显著性检验。

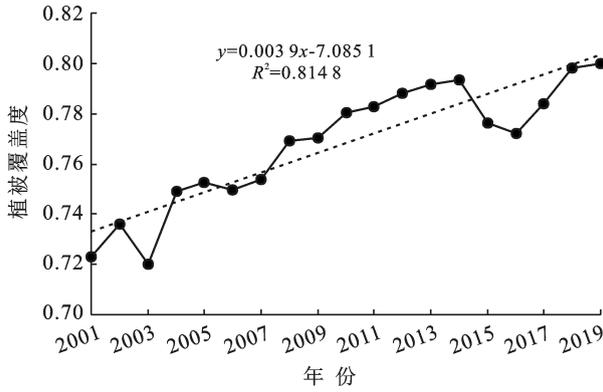


图 4 安徽省 2001—2019 年植被覆盖度变化

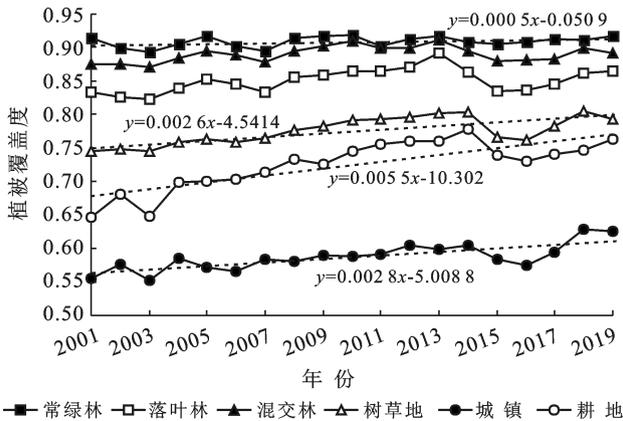


图 5 安徽省 2001—2019 年不同地表类型植被覆盖度变化

3.3 全省植被覆盖度随海拔分布

由图 6 可知,不同海拔区间内,植被覆盖度四季差异明显。夏季呈现高值,冬季为低值。各季节中 200 m 以下植被覆盖度达到最低,200~350 m 陡然增加,体现出该海拔区间植被覆盖类型的变化。海拔

500~1 250 m 植被覆盖度变化不甚显著,1 250 m 以上则呈轻微下降趋势。

为进一步探究植被覆盖度随海拔变化的原因,分类地表类型像元,给出土地分类空间场^[21],并结合植被覆盖度多年平均结果,对不同海拔区间内的常绿林、落叶林、混交林、树草地、耕地、水体和城镇 7 类地物进行统计分析(表 1)。由表 1 可知,200 m 以下区域耕地面积比例最大,为 72.21%,树草地占 18.16%,林地面积比例低至 2.8%;200~350 m 林地和树草地面积比例增加,分别达到 31.23%和 65.62%,结合图 5 中各类地物植被覆盖度数值相互关系可知,林地、树草地的植被覆盖度高于耕地。进而解释了图 6 中该区间植被覆盖度陡然增加的原因。350 m 以上地区以林地和树草地覆盖为主,随海拔增加,树草地、常绿林面积比例呈下降趋势,落叶林、混交林有一定程度增加趋势。海拔 1 000 m 以上,耕地、城镇和水体基本无面积分布。1 250~1 750 m,落叶林面积比例最高,达到 56.1%,混交林面积比例减少至 31.49%,常绿林面积比例最低,为 0.28%。

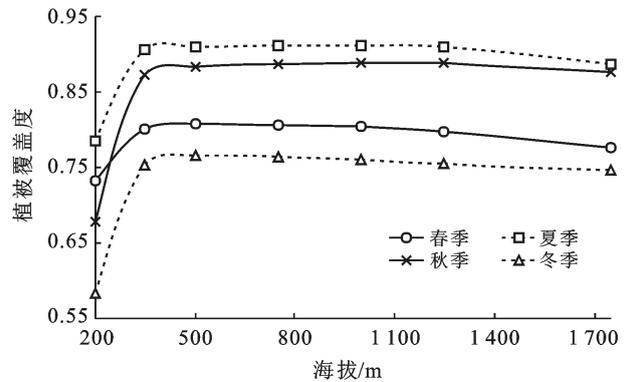


图 6 安徽省不同季节植被覆盖度均值随高程变化特征

表 1 安徽省不同海拔区间内各地表类型面积比例变化

海拔区间/m	各地表类型面积比例/%						
	常绿林	落叶林	混交林	树草地	耕地	水体	城镇
<200	0.67	0.55	1.58	18.16	72.21	3.71	3.12
200~350	4.44	2.45	24.34	65.62	2.82	0.21	0.12
350~500	3.84	5.17	34.34	55.30	1.13	0.18	0.04
500~750	2.82	10.77	37.08	48.94	0.37	0	0.02
750~1 000	1.39	25.35	42.89	30.36	0	0	0.01
1 000~1 250	0.96	48.09	40.74	10.21	0	0	0
1 250~1 750	0.28	56.10	31.49	12.13	0	0	0

3.4 全省范围植被覆盖度随坡向分布

如图 7 所示,各坡向植被覆盖度四季差异显著,从高到低排序为:夏季>秋季>春季>冬季,反映安徽省四季植被生长的变化特点。植被覆盖度夏季最

高,各坡向均高于 0.9;冬季最低,介于 0.75~0.8 之间;秋季、春季,则分别位于 0.85~0.9、0.8 左右变化。随坡向分布,四季植被覆盖度呈现峰谷变化特征显著。北坡为峰值,南坡为谷值。

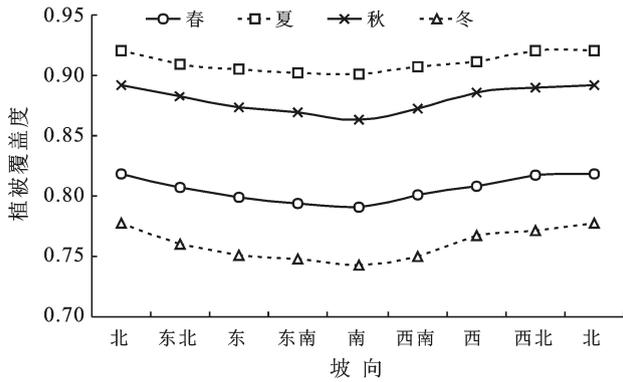


图 7 安徽省四季植被覆盖度随坡向分布特征

为进一步分析植被覆盖度随坡向呈峰谷变化原因,统计各坡向的地表类型面积,得到各地表类型面积比例随坡向变化特征(图 8)。由表 1 可知,海拔 200 m 以上,耕地、城镇累计面积比例过低,分别仅 4.32% 和 0.19%,在图 8 中已不便区分。故将耕地和城镇归类在一组中。水体为水平面,坡向值无意义,故不纳入坡向统计讨论中。各坡向混交林、树草地面积之和比例最高,两者在各坡向面积比例差异存在变化。而耕地、城镇面积比例最低,各坡向差异较小。全省南、北坡混交林与树草地面积和分别为 84%, 86%。南、北坡的混交林面积比例分别为 21%, 44%; 树草地面积比例分别为 63%, 42%。而常绿林、落叶林、城镇、耕地的面积比例之和不足 20%。北坡树草地、混交林面积比例几乎各占一半,分别为 44%, 42%, 混交林面积比例(42%)高于南坡(21%)。结合图 5 中各类地物植被覆盖度相互关系可知:混交林植被覆盖度数值高于树草地。进而解释了全省范围植被覆盖度北坡大于南坡的原因。

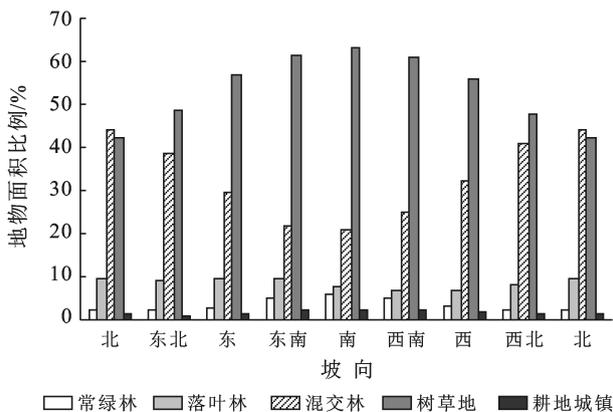


图 8 安徽省各地表类型面积比例随坡向变化特征

定义东南、西南、南坡向为南向山区,东北、西北、北坡向为北向山区,逐年统计北向、南向山区植被覆盖度差异,给出变化结果(图 9)。由图 9 可知,2001—

2019 年南北向山区四季植被覆盖度差异值均呈现波动下降趋势,介于 0.004~0.025 之间变化。其中春、秋季南、北向山区植被覆盖度逐年差异呈现高值,且彼此接近;冬季次之;夏季南、北向山区植被覆盖度逐年差异达到最低。

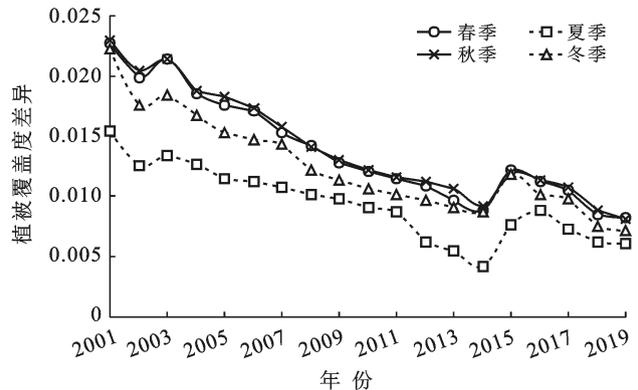


图 9 安徽省南、北向山区植被覆盖度差异逐年变化特征

计算南、北向山区植被覆盖度差异值的多年平均,得到统计结果:北向、南向山区植被覆盖度差异在夏季达到最低,仅 0.009 3;秋季达到最高,达到 0.014 2。春冬季分别为 0.013 9, 0.012 5。

4 讨论及结论

4.1 讨论

(1) 植被覆盖度随时间变化。安徽省 1 月、10—12 月,山区植被覆盖度高于平原地区,差异明显。2—5 月,淮北平原地区植被覆盖度呈现高值,6 月迅速减小,反映作物(小麦)种植、收割对下垫面植被覆盖度的影响。7—9 月植被覆盖度达到最高值,全省范围差异最小,体现全省夏季植被生长繁茂的特征。夏秋季巢湖西半湖数值比其他湖区偏高,上述水华地区靠近合肥市,城市化带来的排放,会促使水体富营养化。而该时间段内气候特性利于滋生蓝藻,蓝藻中的叶绿素使得水体植被覆盖度数值增高^[22]。李晟铭等^[23]也提到巢湖西北部水体夏秋季节易产生蓝藻,是水华大爆发的核心区。由于植被特征的差异,不同地表类型植被覆盖度从高到低分别为:常绿林>混交林>落叶林>树草地>耕地>城镇。各地表类型的植被覆盖度变化略有差异,但整体来看。安徽省植被覆盖度还是以年变化率 0.003 9/a 的速度呈逐年波动上升趋势,侧面说明安徽省重视生态建设,采取积极的植树造林措施带来的积极影响。

(2) 植被覆盖度随海拔变化。不同海拔区间内,植被覆盖度四季差异明显,受下垫面植被影响显著。海拔 200 m 以下地表类型以耕地为主,林地面积最

小,植被覆盖度呈现最低值;200~350 m 林地和树草地面积比例增加,导致该区间植被覆盖度上升明显;350~1 000 m 之间处于丘陵地区,下垫面植被类型丰富,以林地、树草地为主,植被覆盖度变化不明显;1 250 m 以上,落叶林面积比例最高,混交林、常绿林面积比例进一步减小,该区间内植被覆盖度呈下降趋势^[24],很好体现出下垫面植被类型的变化。综上可知,垂直方向上,安徽省植被呈现耕地、常绿林、混交林、落叶林、树草地的地带性分布特征,使得植被覆盖度呈现特征性的变化规律。

(3) 植被覆盖度随坡向变化。各坡向四季植被覆盖度从高到低分别为:夏季>秋季>春季>冬季。植被覆盖度随坡向呈显著峰谷变化特征。姚镇海等^[25]对全国月平均植被指数空间分布特征分析表明:植被指数随坡向呈现“双峰双谷”变化特征,东南、西北坡为峰值,西南、东北坡为谷值。与本次研究结果在时间上分布特征有类似之处,但空间分布特征存在差异。这是由于全国尺度下,植被分布更能体现出中国季风气候的风向变化宏观特征^[26]。安徽省位于华东地区,全年水热差异比全国范围更小,受气候地理地形等因素影响,植被分布差异比全国更低,因而人为活动对植被覆盖的影响相会比季风气候影响更明显^[27]。安徽省四季植被覆盖度北坡呈现峰值,南坡谷值。徐京京等^[28]、桃等^[29]、魏建瑛等^[30]研究表明,南向山区为向阳面,适宜人类农事生产种植混交林经济灌木。笔者实地考察发现,安徽省山区的经济作物主要为茶叶和竹林。在此过程中导致地表植被类型演变,亦可能是造成南坡覆盖度低于北坡的人为因素之一。

(4) 南、北向山区植被覆盖度差异。南向、北向山区植被覆盖度差异在夏季达到最低,秋季达到最高。造成这种差异的原因如下:①安徽地处长江中下游地带,属于亚热带季风气候和温带季风气候交界地带,夏季受梅雨风带的移动,全省降水随坡向分布不均。相比降水量,NDVI 与气温线性正相关性更高,而降水与 NDVI 存在非线性正相关性,且年际关系呈现弱相关^[31]。气温对安徽省植被覆盖影响更加显著,起着主导作用。②屈非凡等^[32]及姚镇海^[33]对月平均气温分布式模拟研究结果表明,夏季中国东部地区南、北向气温差异达到最低,春、秋季差异则增大。这是造成夏季南、北向植被覆盖度差异小于春、秋季的原因。

本次研究主要讨论了安徽省植被覆盖的动态变化与地形因子的相互关系,由于安徽省山区具有地形复杂、植被种类繁多等特点,需结合高分辨率遥感资

料和现场勘测资料,研究山区、乡镇等小尺度下的生态资源分布规律。展望未来,安徽省一方面需进一步做好植树造林、退耕还林、城市污水治理等生态保护工作。另一方面,采用高分辨率卫星遥感数据,并结合便携式气象站、负离子监测仪,甚至无人机多光谱遥感等现场勘查资料,开展山区生态资源普查技术的研究,为我省旅游资源的开发利用提供科学依据,让“绿水青山”更好地造福于人们美好生活。

4.2 结论

(1) 2001—2019 年安徽省植被覆盖度呈逐年波动上升趋势。植被覆盖度季节变化显著。1 月、10—12 月,山区植被覆盖度高于平原。2—5 月,淮北平原地区的植被覆盖度高于山区,6 月迅速减小。7—9 月全省植被覆盖度达到高值,大部地区植被覆盖度高于 0.8,空间差异最小,体现夏季全省植被繁茂的特征。

(2) 不同海拔区间内,植被覆盖度呈夏高冬低的特点。海拔 200 m 以下平原地区以耕地为主,植被覆盖度呈现最低值,春、夏、秋、冬四季分别达 0.73, 0.79, 0.68, 0.58;200~350 m 林地和树草地面积比例增加,植被覆盖度陡然增加;500~1 250 m 以林地和树草地覆盖为主,植被覆盖度变化不甚显著;1 250 m 以上呈下降趋势。

(3) 安徽全省四季植被覆盖度从高到低依次为:夏季>秋季>春季>冬季。山区各坡向混交林和树草地面积之和比例最高(>80%)。全省南、北坡的混交林面积比例分别为:21%, 44%, 树草地面积比例分别为 63%, 42%。四季植被覆盖度随坡向呈现峰谷变化特征显著,北坡、南坡为分别为峰值、谷值。夏季南、北向山区植被覆盖度差异最低(0.009 3);秋季最高(0.014 2);春、冬季分别为 0.013 9, 0.012 5。

(4) 2001—2019 年全省南、北向山区四季植被覆盖度差异值呈波动下降趋势,介于 0.004~0.025 之间变化。南、北向山区逐年植被覆盖度差异在春、秋季呈现高值,且彼此接近,冬季次之,夏季南、北向山区逐年植被覆盖度差异达到低值。

[参 考 文 献]

- [1] 贾金明,王运行,吴健河,等.气象与生活[M].北京:气象出版社,2008.
- [2] 沈谦,朱长明,张新. GF-2 支持下的干旱区稀疏植被区植被覆盖度估算[J].测绘通报,2019(7):33-38.
- [3] 梁顺林,范闻捷.定量遥感[M].北京:科学出版社,2009.
- [4] 梁顺林,李小文,王锦地,等.定量遥感理念与算法[M].北京:科学出版社,2013:321-322.
- [5] Huete A R. A soil adjusted vegetation index (SAVI) [J]. Remote Sensing of Environment, 1988,25(3):295-309.

- [6] Gitelson A A, Kaufman Y J, Stark R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80(1): 76-87.
- [7] 张诗羽, 张毅, 王昌全, 等. 岷江上游流域植被覆盖度及其与地形因子的相关性[J]. *水土保持通报*, 2018, 38(1): 69-75.
- [8] 王亚娟, 赵艳玲, 焦利鹏, 等. 济宁市 2005—2016 年植被覆盖度变化及影响因素[J]. *济南大学学报(自然科学版)*, 2018(3): 171-177.
- [9] 黄悦悦, 杨东, 冯磊. 2000—2016 年宁夏植被覆盖度的时空变化及其驱动力[J]. *生态学杂志*, 2019, 38(8): 2516-2523.
- [10] 崔林丽, 史军, 肖风劲, 等. 中国东部 NDVI 的变化趋势及其与气候因子的相关分析[J]. *资源科学*, 2010, 32(1): 124-131.
- [11] 王伟军, 赵雪雁, 王文玉, 等. 2000—2014 年甘南高原植被覆盖度变化及其对气候变化的响应[J]. *生态学杂志*, 2016, 35(9): 2494-2504.
- [12] 谭学玲, 闫庆武, 王瑾, 等. 榆神府矿区植被覆盖的动态变化及其影响因素[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(6): 1645-1653.
- [13] 穆梦圆, 王秋云, 赵雪婷, 等. 江西省降水与不同时空尺度下植被 NDVI 关系研究[J]. *气象与减灾研究*, 2015, 38(3): 1-9.
- [14] 陈学兄, 毕如田, 张小军, 韩伟宏. 太原市城区植被覆盖变化地形分异效应[J]. *水土保持通报*, 2020, 40(5): 299-309.
- [15] 王芳, 汪左, 张运. 2000—2015 年安徽省植被净初级生产力时空分布特征及其驱动因素[J]. *生态学报*, 2018, 38(8): 2754-2767.
- [16] 孙雷刚, 刘剑锋, 徐全洪. 河北坝上地区植被覆盖变化遥感时空分析[J]. *国土资源遥感*, 2014, 26(1): 167-172.
- [17] 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): 1255-1266.
- [18] 曾燕, 邱新法, 何永健, 等. 复杂地形下黄河流域月平均气温分布式模拟[J]. *中国科学(D 辑): 地球科学*, 2009, 39(6): 774-786.
- [19] 邓凯, 黄长江, 袁慧慧, 等. 基于 MODIS 的 2007—2017 安徽省植被指数时空变化特征研究[J]. *黑龙江工程学院学报*, 2018, 32(6): 24-27.
- [20] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(8): 1533-1543.
- [21] 何彬方, 冯妍, 吴文玉, 等. 安徽省近十年植被指数时空变化特征. *生态学杂志*, 2010, 29(10): 1912-1918.
- [22] 胡文敏, 赵京, 何介南, 等. 近 15 年来环洞庭湖区土地利用变化及其景观效应[J]. *中南林业科技大学学报*, 2017, 37(12): 91-97.
- [23] 李晟铭, 刘吉平, 宋开山, 等. 基于 Landsat 影像巢湖蓝藻水华暴发时空变化特征及其驱动因素分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(5): 1205-1213.
- [24] 姚镇海, 邱新法, 施国萍, 等. 中国比辐射率空间分布特征分析[J]. *干旱区地理*, 2015, 38(6): 1234-1240.
- [25] 姚镇海, 邱新法, 施国萍, 等. 我国近 10 年月平均 NDVI 空间分布特征分析[J]. *国土资源遥感*, 2017, 29(2): 181-186.
- [26] 陈渭民, 陶国庆, 邱新法. 全球气候系统卫星遥感导论—气象卫星资料的多学科应用[M]. 北京: 气象出版社, 2012.
- [27] 翁笃鸣, 罗哲贤. 山区地形气候[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [28] 徐京京, 黄建武, 李丹, 等. 安徽省耕地压力指数时空分布特征及趋势预测[J]. *华中师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 49(4): 615-622.
- [29] 陈桃, 包安明, 何大明. 基于 MODIS NDVI 的攀枝花市植被覆盖度变化及驱动力[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(8): 1847-1857.
- [30] 魏建瑛, 徐建英, 樊斐斐. 卧龙自然保护区植被覆盖度变化及其对地形因子的响应[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(2): 440-449.
- [31] 冯妍, 何彬方, 唐怀瓯, 等. 安徽省 2000—2009 年不同类型植被的变化及其与气温、降水的关系[J]. *生态学杂志*, 2012, 31(11): 2926-2934.
- [32] 屈非凡, 邱新法, 曾燕, 等. 月平均气温物理经验统计模型优化研究[J]. *科技通报*, 2018, 34(9): 30-36, 59.
- [33] 姚镇海. 融合遥感数据的月平均气温分布式模拟参数优化的研究[D]. 江苏 南京: 南京信息工程大学, 2015.