

2000~2018 年鄂西山区植被 EVI

时空变化特征及其地形效应

陈亮^{1, 2} 王学雷¹ 杨超¹ 刘昔^{1, 2} 吕晓蓉¹ 范韦莹^{1, 21}

(1. 中国科学院精密测量科学与技术创新研究院, 环境与

灾害监测评估湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430077;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

【摘要】: 分析鄂西山区植被 EVI 的空间分异、时空演变及地形效应, 可为该区域生态环境的整体保护与分区保护提供理论支撑, 也可为制定具有针对性的植被保护政策提供科学依据。基于 MOD13Q1EVI 数据, 运用一元线性回归趋势分析方法对 2000~2018 年鄂西山区 EVI 时空变化趋势进行了研究, 并结合高程、坡度和坡向数据等探讨了其对地形的响应机制。结果表明: (1) 鄂西山区 EVI 值整体上呈现北部低, 中部和南部高, 东部低西部高的空间分布特点。2000~2018 年鄂西山区 EVI 平均值介于 0.57~0.66 之间, 整体呈现改善态势。(2) EVI 变化趋势主要以基本不变为主, 占鄂西山区总面积的 85.74%; 轻微减少和显著减少区分别只占总面积的 0.23% 和 0.17%, 分布零散; 轻微增加和显著增加区域分别占 8.35% 和 5.51%, 主要集中分布在北部和中部的丹江口市、郧阳区、郧西县、谷城县、南漳县、神农架等地区。(3) 海拔<700m 以及坡度<14° 区域是植被主要退化区; 中海拔区域 (700~1700m) 以及坡度>14° 区域是植被主要改善区。建议鄂西山区未来注重对低海拔、缓坡区域的植被保护。

【关键词】: 增强型植被指数 时空变化 地形效应 鄂西山区

【中图分类号】: X87; Q948 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227 (2021) 02-0419-08

鄂西山区的森林资源占湖北省的 88.3%, 北部植被较稀疏, 中部和南部森林资源集中, 既是湖北省天然林主要分布区, 又是最高级别的生态安全保障区, 野生动植物资源十分丰富, 有动植物基因库的美称的神农架林区位于本区中部^[1, 2]。对该区生态环境变化的研究具有重要意义。

植被作为陆地生态系统的主体^[3], 是全球气候变化的敏感指示器^[4], 能反映区域生态环境状况, 是研究生态、气候和水土保持等问题的基础数据^[5]。遥感影像具有空间尺度大、时间序列长、重访周期短的优点, 已成为大尺度植被动态监测的重要数据源之一^[6]。MODIS 植被指数产品包括归一化植被指数 (NDVI) 和增强型植被指数 (EVI), 均能指示植被生长变化情况, 已被广泛应用到植被覆盖度计算、土地覆被类型提取、生物量定量估算及变化趋势分析等相关研究中^[7~9]。但相比于 NDVI, EVI 改进了算法和合成

作者简介: 陈亮 (1993~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为“3S”技术在资源环境研究中的应用. E-mail: chenliang@apm.ac.cn
王学雷, E-mail: xlwang@whigg.ac.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41571202)

方法^[10,11],削弱了大气、土壤背景和异常值的影响,解决了 NDVI 易饱和的问题^[12],能更好地反映高覆盖区域植被的生长变化^[13]。因而采用 EVI 来反映植被覆盖较高的鄂西山区植被特征时更具有客观性。

研究表明地形因子是影响植被形成、覆盖的最主要因素之一^[14]。其中,海拔高度影响土壤的垂直地带性^[15],坡度和坡向影响地表径流、日照、湿度、温度等^[16],各地形要素共同作用于植被的生长及变化^[17],并且区域不同,影响植被分布的地形因子也不一样^[18,19]。鄂西山区海拔高差悬殊,相差达 3000m 之多。由于地形差异导致的能量分配^[20]、土壤性质^[21]不同,会影响区域植被分布格局的差异。准确识别该区植被的时空变化规律及其对各地形因子的响应,对于掌握鄂西山区植被现状及未来的演变趋势、以及采取合理的科学政策进行植被保护与评价都具有重要现实意义。虽然湖北省及其局部区域的植被变化及其驱动力分析已有报道^[22,23],但缺少针对鄂西山区这一典型区域植被变化及其对地形要素的响应研究。鉴于此,本文基于 MOD13Q1EVI 数据,运用一元线性回归趋势分析方法对 2000~2018 年鄂西山区 EVI 时空变化趋势进行了分析,并探讨了其受地形的控制效应。

1 研究区概况

鄂西山区包括湖北省西部的丹江口至宜昌一线以西的 29 个县、市、区,国土面积为 8.19 万 km², 占全省国土总面积的 44.06%。境内地形复杂,山脉广布,河川丰富,地势陡峻,地貌以中低山为主,海拔一般为 1000~2000m,“华中第一峰”神农顶位于该区中部,为境内最高海拔。大的地势特点是西高东低,群山之中夹着丹江、长江、清江三大谷地(图 1a)。由该区 1:100 万中国植被图(图 1b)可知,主要植被类型有灌丛、耕地植被、阔叶林、针叶林、草丛等,分别占其总面积的 39.4%、29.6%、11.6%、10.7%、7.3%。其中,北部农业植被广布,中部和南部灌丛广布,草丛主要分布在西南部,阔叶林和针叶林也主要成片分布在中部和南部。

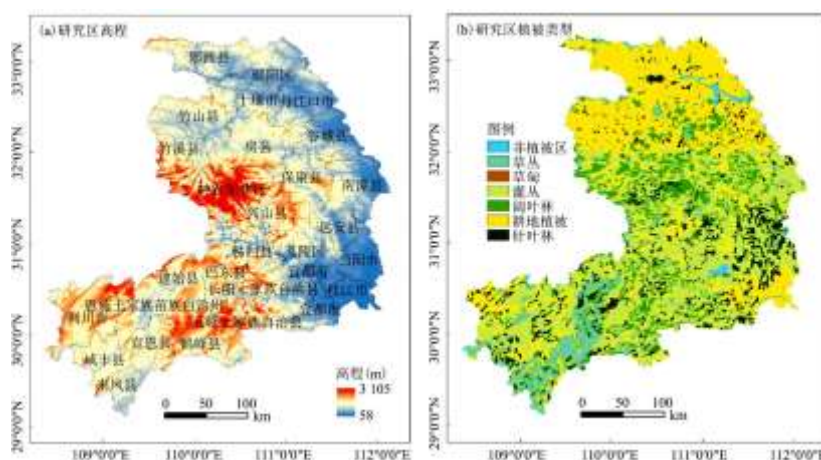


图 1 鄂西山区高程(a)及植被类型(b)

2 数据源与研究方法

2.1 数据源及处理

EVI 数据来源于 NASA 提供的 MODIS 植被指数产品数据 MOD13Q1,时间分辨率为 16d,空间分辨率为 250m×250m,时间序列为 2000 年 2 月至 2018 年 12 月。由于最大 EVI 可以进一步消除残云及大气等因素的影响并且可反映植被生长的最好状况,本文将 MODIS-EVI 数据集采用最大值合成法(MVC)分别得到每年 EVI 数据^[24],用于鄂西山区 EVI 的分布和变化趋势研究。

研究区的植被类型数据来源于“中国西部环境与生态科学数据中心”(http://westgis.ac.cn)提供的矢量化的1:100万中国植被图,包含草丛、草甸、灌丛、阔叶林、耕地植被、针叶林6种植被类型(图1b)。由于本研究主要分析植被的年际变化,因此未对非植被区进行分析。

地形数据为NASA提供的30m分辨率的GDEM V2版本的DEM数据,由该数据得到鄂西山区的高程、坡度和坡向数据。为更加准确地揭示植被覆盖度对高程和坡度的响应机制,本文结合鄂西山区的高程频率分布特点将其高程分成11个带,其中300m以下归为一个带,300~2100m按200m间隔分成9个带,2100m以上合并为同一高程带。同理,将坡度划分为11个带。其中2°以下归为一个带,2°~38°按4°间隔分成9个坡度带,38°以上合并成一带。

以上所有数据均经裁剪、重采样、投影为与EVI数据具有相同分辨率和投影的栅格数据。

2.2 趋势分析

用一元线性回归法对研究区EVI影像作逐像元处理,以方程斜率表征每个栅格在研究期内的变化趋势^[25]。斜率为负表示该像元EVI在过去19a呈下降趋势,反之则表示EVI呈上升趋势。计算公式如下:

$$\theta_{slope} = \frac{n \times \sum_{i=1}^n (i \times EVI_i) - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n EVI_i}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - \left(\sum_{i=1}^n i \right)^2} \quad (1)$$

式中: θ_{slope} 为趋势斜率; n 为监测时间段的年数; EVI_i 为第 i 年的 EVI 值。

本文采用 F 检验法检验 EVI 斜率趋势变化的显著性,显著性仅代表趋势性变化可置信程度的高低,与变化快慢无关,其计算公式为:

$$F = U \times \frac{n-2}{Q} \quad (2)$$

式中: $U = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ 为误差平方和; $Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ 为回归平方和; y_i 为第 i 年的 EVI 值; $\hat{y}_i$ 为其回归值; $\bar{y}$ 为 19 年间 EVI 平均值; n 为研究年数。根据检验结果将变化趋势分为如下 5 个等级:显著减少 ($\theta_{slope} < 0, p \leq 0.01$); 轻微减少 ($\theta_{slope} < 0, 0.01 < p < 0.05$); 基本不变 ($p \geq 0.05$); 轻微增加 ($\theta_{slope} > 0, 0.01 < p < 0.05$); 显著增加 ($\theta_{slope} > 0, p \leq 0.01$)。

3 结果与分析

3.1 鄂西山区植被 EVI 空间分布特征

为了解鄂西山区 EVI 空间分布状况,逐像元计算了 2000~2018 年最大 EVI 值(图 2),可以看出,鄂西山区 EVI 值整体上呈现

北部低，中部和南部高，东部低西部高的空间分布特点。EVI 受海拔高度和植被类型控制明显。具体表现为：北部海拔相对较低，植被以耕地植被为主，EVI 普遍相对较低。EVI 值低于 0.55 的区域主要位于丹江口市、十堰市、郧阳区、郧西县、竹山县和竹溪县交界地带、宜昌市及其周围的夷陵区、宜都市、枝江市等地区。结合鄂西山区高程及植被类型图(图 1)可知，海拔较高地区，土地利用类型丰富多样，EVI 值整体也较高。EVI 值高于 0.70 的区域主要位于神农架林区、竹溪县南部、竹山县南部、房县南部、五峰土族自治县。

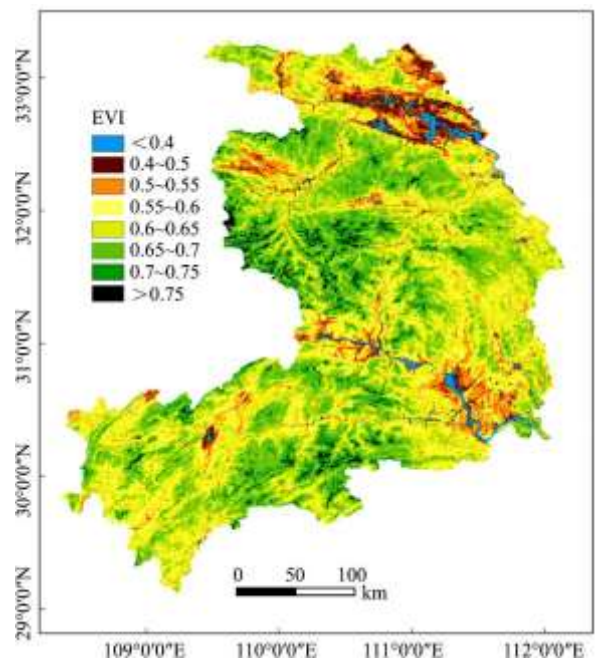


图 2 2000~2018 年鄂西山区年均 EVI 空间分布

3. 2 鄂西山区植被 EVI 年际变化特征

2000~2018 年鄂西山区 EVI 平均值围绕 0.61 上下波动，整体呈现微弱波动上升态势，最小值为 2000 年的 0.57, 最大值为 2018 年的 0.66。2000~2004 年 EVI 值偏低，2013、2017、2018 年 EVI 值相对较高(图 3)。

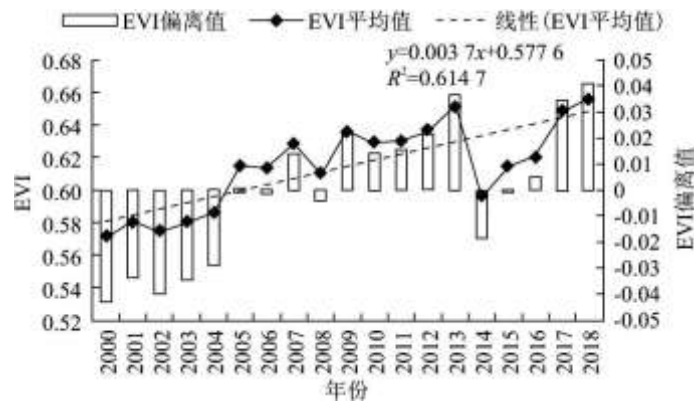


图 3 2000~2018 年鄂西山区 EVI 年际变化

2000~2018 年鄂西山区各类型植被均呈波动增加趋势,阔叶林的 EVI 值最高。草丛、草甸、灌丛、针叶林的 EVI 值比较接近。耕地植被的 EVI 值最低,这主要是因为该区耕地质量差,以旱地为主,旱地面积占耕地总面积的 74%,而且荒山荒地多,开发利用难度大^[2](图 4)。

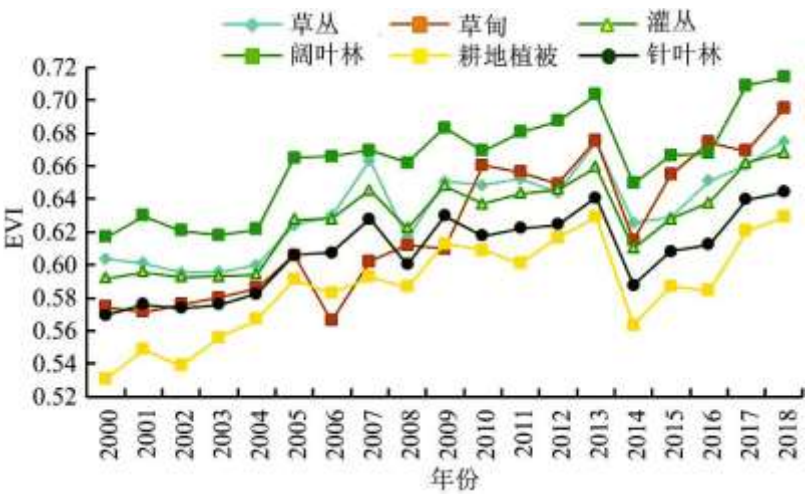


图 4 2000~2018 年鄂西山区不同植被类型 EVI 年际变化

3.3EVI 空间变化特征

一元线性回归趋势分析法分析结果显示, 12.26%的像元变化斜率为负值, 87.74%为正值。反映了 19 年间鄂西山区绝大部分区域植被都在改善(图 5a)。由显著性检验的结果可知, 整体而言, 鄂西山区 EVI 以基本不变为主, 占总面积的 85.74%。轻微减少和显著减少区域面积很小, 分别只占总面积的 0.23%和 0.17%, 仅零散分布在研究区, 未见有大片集中分布。轻微增加和显著增加区域分别占总面积的 8.35%和 5.51%, 主要集中分布在北部和中部的丹江口市、鄖阳区、鄖西县、谷城县、南漳县、神农架林区等地区。这些区域植被改善表明实施的退耕还林还草政策、丹江口库区生态环境保护、封山育林以及水土保持工程对山区进行的治理和保护等卓有成效(图 5b)。

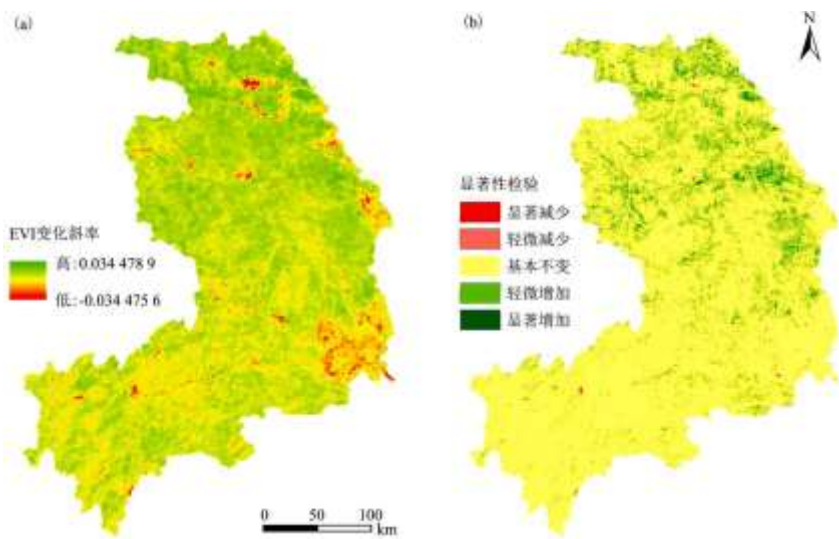


图 5 2000~2018 年鄂西山区 EVI 变化趋势(a)及显著性检验(b)

3.4 EVI 时空变化特征的地形效应

3.4.1 EVI 沿海拔高程变化规律

分别统计了各高程带上 EVI 发生显著性变化趋势的面积占比,并结合植被类型数据统计了各高程带上不同植被类型 EVI 发生显著性变化趋势的面积占比。

分析结果显示,随着海拔高度的增加,EVI 具有显著减少变化趋势的面积占比呈波动减少的态势,显著减少主要发生在 700m 以下高程带。300m 以下显著减少面积占比最大,达到 40.97%,这主要是由于低海拔区域是人类活动强度大的区域,植被受人类活动干扰大^[26]。不同高程带上各类型植被显著减少面积占比差异明显,1100m 以下显著减少的植被类型主要是耕地植被、灌丛和针叶林;1100~1300m 主要是耕地植被和灌丛;1100~1300m 主要是灌丛和针叶林;1100~1300m 主要是针叶林;1700~1900m 及 2100m 以上主要是灌丛;1900~2100m 主要存在灌丛、草丛和阔叶林的退化现象(图 6)。

随着海拔高度的增加,EVI 具有显著增加变化趋势的面积占比呈先增加后减少的态势,显著增加面积占比较大的区域主要位于中低海拔处(300~1300m)。不同高程带上各类型植被显著增加面积占比不尽相同,主要以中低海拔(<1300m)耕地植被的增加、中高海拔(>1300m)阔叶林的增加和各高程带上灌丛的增加为主要特点(图 6)。

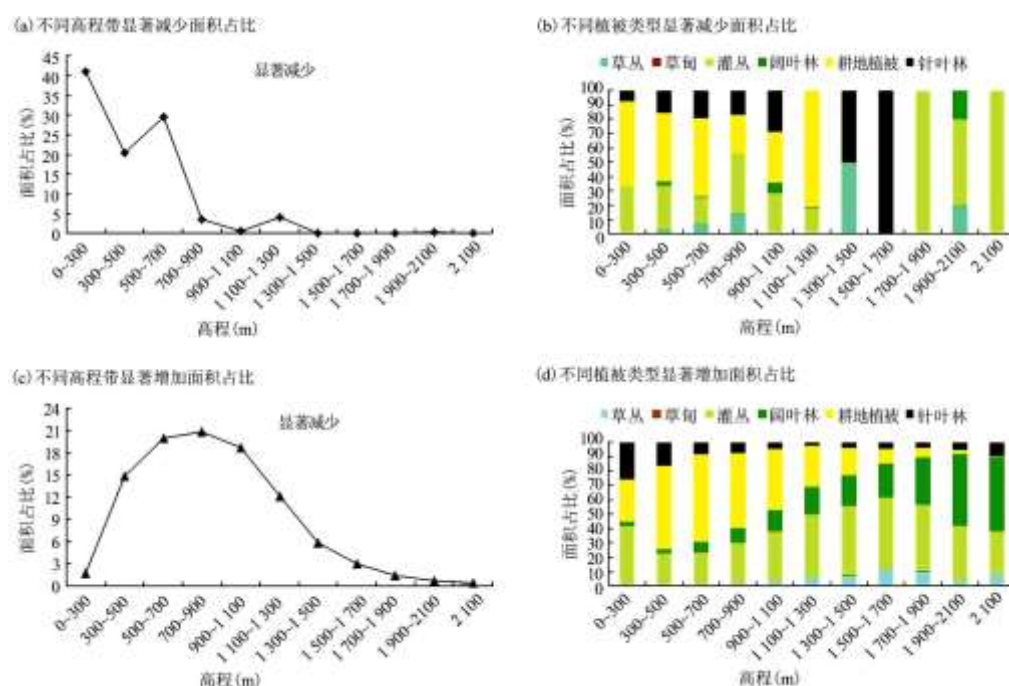


图 6 EVI 显著性变化趋势与高程

3.4.2 EVI 沿坡度变化规律

随着坡度的增加,以 $2^{\circ} \sim 6^{\circ}$ 坡度带(面积占比高达 39.45%)为界,EVI 具有显著减少变化趋势的面积占比具有先增加后减少的特点。坡度 $<14^{\circ}$ 区域 EVI 具有显著减少变化趋势的面积占比大于 EVI 具有显著增加变化趋势的面积占比,即植被改善区小于植被退化区。这主要是由于坡度缓和区域是人口主要分布区和农作物种植区,城镇化进程及大面积农业种植不利于植被的改善^[26,27]。随着坡度的增加,EVI 具有显著增加变化趋势的面积占比呈先增加后减少再增加的态势,耕地植被、灌丛和阔叶林的改善是 EVI 增

加的主要因素(图 7)。

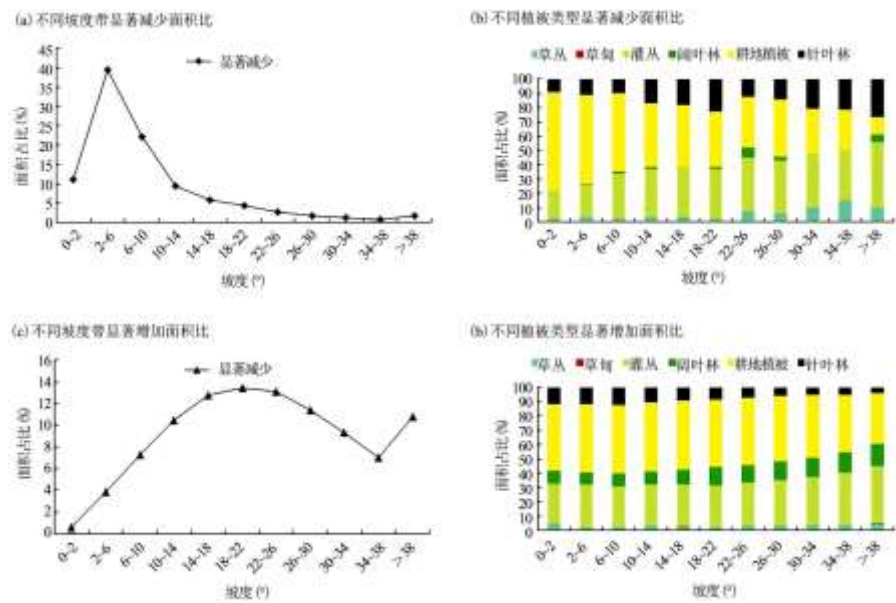


图 7 EVI 显著性变化趋势与坡度

3. 4. 3 EVI 沿坡向变化规律

结合坡向数据得到 EVI 显著性变化趋势与各坡向的面积占比(图 8)。结果显示，各坡向上植被 EVI 显著变化差异不大。但阔叶林、针叶林在北、西北(阴坡、半阴坡)等坡向趋势向好；草丛、灌丛等则在南坡、西南坡(阳坡、半阳坡)有所改善。这可能是由于该区阴坡、半阴坡土壤的日照少，水分蒸发慢，水土保持好，更加适合高大乔木生长；而阳坡、半阳坡热量多于阴坡、半阴坡，水蒸气不易凝结，降水少，更加适合低矮灌丛的生长所致。

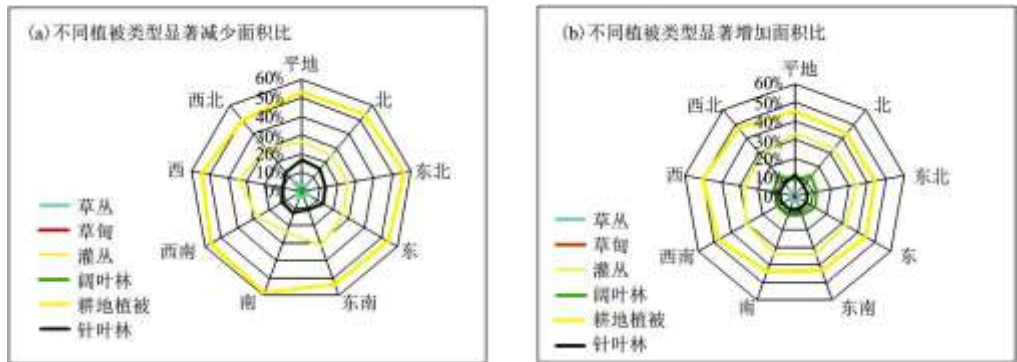


图 8 EVI 显著性变化趋势与坡向

4 结论

基于 MOD13Q1EVI 数据，运用趋势分法分析了 2000~2018 年鄂西山区 EVI 时空变化特征，并结合 DEM 数据探讨了其对海拔高度、坡度和坡向的响应机制。结论如下：

(1)鄂西山区 EVI 值整体上呈现北部低,中部和南部高,东部低西部高的空间分布特点。2000~2018 年鄂西山区 EVI 平均值介于 0.57~0.66 之间,整体呈现微弱波动上升态势。

(2)EVI 变化趋势主要以基本不变为主,占鄂西山区总面积的 85.74%。轻微减少和显著减少区分别只占总面积的 0.23%和 0.17%,分布零散。轻微增加和显著增加区域分别占 8.35%和 5.51%,主要集中在北部和中部的丹江口市、郧阳区、郧西县、谷城县、南漳县、神农架林区等地区。

(3)2000~2018 年鄂西山区植被变化受地形因子影响,尤其是海拔高度和坡度。海拔<700m 以及坡度<14° 区域是植被主要退化区。海拔 700~1700m 以及坡度>14° 区域是植被主要改善区。EVI 随坡向变化不大,但各类型植被在阴坡、半阴坡和阳坡、半阳坡改善的特点不尽相同。未来鄂西山区应注重低海拔、缓坡区域和有区别的对待各个坡向的植被保护。

(4)鄂西山区地形复杂,利用遥感+地理信息系统的手段对其植被 EVI 进行长时序地监测和分析是方便、快捷、有效的方法,本文研究结果可为区域退耕还林评价、生态环境监测与保护、农情监测、精准扶贫等提供科学参考。植被 EVI 变化是气候变化以及人类活动等多种因素综合作用的结果,本文局限于从地形方面探讨鄂西山区 EVI 变化的驱动因素,在后续研究中应考虑人类活动强度、土地政策变化、生物量变化等因素的影响。

参考文献:

- [1]陈超男,朱连奇,田莉,等.秦巴山区植被覆盖变化及气候因子驱动分析[J].生态学报,2019,39(9):3257-3266.
- [2]王晓宇.鄂西山区种植业发展方向[D].华中农业大学,2004.
- [3]BRASWELL B H,SCHIMEL D S,LINDER E,MOORE III B.The response of global terrestrial ecosystems to interannual temperature variability[J].Science,1997,278(5339):870-873.
- [4]MENZEL A,FABIAN P.Growing season extended in Europe[J].Nature,1999,397(6721):659.
- [5]罗新蕊,杨武年,陈桃.川中丘陵区植被遥感动态监测及其驱动力分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(1):103-111.
- [6]KERR J T,OSTROVSKY M.From space to species:Ecological applications for remote sensing[J].Trends in Ecology & Evolution,2003,18(6):299-305.
- [7]苏俊磊,罗为群,王广哲,等.基于 MODIS-EVI 的广西西江流域植被时空变化特征及其影响因素[J].水土保持研究,2019,26(3):232-238.
- [8]韩云环,郑子彦,肖宇,等.基于统计年鉴和 MODIS 的中国区域土地利用/覆盖变化特征研究[J].气候与环境研究,2017,22(6):733-746.
- [9]周鑫,盛建东,张文太,等.基于 MODIS 数据的伊犁地区草地地上生物量反演[J].草地学报,2015,23(1):27-33.
- [10]王正兴,刘闯,Huete A.植被指数研究进展:从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J].生态学报,2003,23(5):979-987.
- [11]PAN Y,LI L,ZHANG J,et al.Winter wheat area estimation from MODIS-EVI time series data using the Crop

Proportion Phenology Index[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 119 (3):232-242.

[12] LI H, ZHENG L, LEI Y, et al. Comparison of NDVI and EVI based on EOS/MODIS data[J]. Progress in Geography, 2007, 26 (1):26-32.

[13] 李文梅, 覃志豪, 李文娟, 等. MODIS NDVI 与 MODIS EVI 的比较分析[J]. 遥感信息, 2010(06):73-78.

[14] FLORINSKY I V, KURYAKOVA G A. Influence of topography on some vegetation cover properties[J]. Catena, 1996, 27 (2):123-141.

[15] PABST H, KÜHNEL A, KUZYAKOV Y. Effect of land-use and elevation on microbial biomass and water extractable carbon in soils of Mt Kilimanjaro ecosystems[J]. Applied Soil Ecology, 2013, 67:10-19.

[16] ZHANG JINTUN, LI MIN, NIE ERBAO. Pattern of functional diversity along an altitudinal gradient in the Baihua Mountain Reserve of Beijing, China[J]. Brazilian Journal of Botany, 2014, 37 (1):37-45.

[17] WANG B W, ZHANG G H, DUAN J. Relationship between topography and the distribution of understory vegetation in a Pinus massoniana forest in Southern China[J]. International Soil & Water Conservation Research, 2015, 3(4):291-304.

[18] 王毅, 郭跃. 喀斯特地貌区植被覆盖与地形因子的空间关系分析——以贵州普定县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(1):157-167.

[19] CARMEL Y, KADMON R. Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a mediterranean ecosystem in Israel[J]. Plant Ecology, 1999, 145(2):243-254.

[20] ZAPATA-RIOS X, BROOKS P D, TROCH P A, et al. Influence of terrain aspect on water partitioning, vegetation structure and vegetation greening in high-elevation catchments in northern New Mexico[J]. Ecohydrology, 2015, 9(5):782-795.

[21] LI J J, PENG S Z, LI Z, et al. Detecting and attributing vegetation changes on China's Loess Plateau[J]. Agricultural & Forest Meteorology, 2017, 247:260-270.

[22] 陈亮, 陈世俭, 蔡晓斌, 等. 湖北省植被覆盖度变化及其对地形因子的响应[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(4):79-86.

[23] 徐静文, 肖飞, 廖炜, 等. 基于 MODIS NDVI 汉江中游植被时空变化及其地貌分异分析[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(11):1895-1901.

[24] STOW D A, 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.

[25] STOW D, DAESCHNER S, HOPE A, et al. Variability of the seasonally integrated normalized difference vegetation index across the north slope of Alaska in the 1990s[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(5):1111-1117.

[26]刘梁美子, 占车生, 胡实, 等. 黔桂喀斯特山区植被变化及其地形效应[J]. 地理研究, 2018, 37(12):2433-2446.

[27]程东亚, 李旭东. 喀斯特地区植被覆盖度变化及地形与人口效应研究[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(8):1227-1239.