Gonbad Kavous University
Journal of Plant
Ecosystem Conservation
Volume 14, Issu 28
http://pec.gonbad.ac.ir

Investigation of the Relationship between vegetation patterns and elevation-related terrain Parameters in Northwestern Iran

Amirhossein Halabian[*1], Bromand Salahi[2]

[1]Professor, Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2]Professor, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

Received: 2025/08/27; Accepted: 2025/12/29

Abstract

Vegetation cover, as one of the most important environmental indicators, is strongly influenced by physiographic factors, particularly in mountainous regions and their surrounding areas. This study aimed to investigate the spatial distribution patterns of vegetation cover in Northwestern Iran in relation to elevation-related terrain components. For this purpose, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) products from the Terra and Aqua MODIS sensors (V006-MOD13Q1 and V006-MYD13Q1) covering the period 2003–2020 at a 16-day temporal resolution were used. Elevation data were derived from an ALOS-based Digital Elevation Model (DEM), while slope and aspect were derived using moving-window raster processing and pixel-by-pixel analysis. Data preparation, organization, and processing were performed using the Python programming language. The findings showed that vegetation cover decreased during the cold period (October–February), with NDVI reaching its minimum in January and February. The May pattern, with a maximum NDVI value of 0.875, indicated an increase relative to April. Maximum NDVI values in August and September were associated primarily with agricultural cultivation in plains and lowland areas. Changes in vegetation distribution and establishment patterns in relation to elevation generally showed a marked decline in vegetation cover with increasing elevation. The maximum elevation-related NDVI values occurred in April (0.609) and May (0.556), as well as in spring (0.498) and summer (0.533), corresponding to the low-lying Moghan Plain and areas to its west. Conversely, minimum NDVI values from October to March were mainly associated with snow cover and freezing conditions at elevations above 2,183 m, whereas in April and May they were associated with persistent snow cover on very high mountain peaks. Minimum greenness values occurred above 2,483 m in winter and above 3,983 m in autumn. Vegetation responses to slope gradients generally exhibited a slight increase, accompanied by considerable fluctuations in greenness density, on slopes ranging from 3° to 45°, largely because these areas were less affected by anthropogenic vegetation degradation. In contrast, declining NDVI values on slopes below 3° corresponded to the presence of urban and rural settlements. Slope aspect also exerted a marked influence: maximum NDVI values occurred on north-facing slopes in May and during spring, whereas minimum values were recorded on west-facing slopes in January and during winter.

***Keywords*:** Anthropogenic Effects, greenness Degree, MODIS, Northwestern Iran, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

*Corresponding author: am_halabian@pnu.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره چهاردهم، شماره بیست و هشتم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

واکاوی ارتباط الگوهای رویش گیاهی با مولفه‌های ناهمواری ارتفاعی در شمال‌غربی ایران

امیرحسین حلبیان [1*]، برومند صلاحی [2]

[1]استاد، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
[2]استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸

چکیده

پوشش گیاهی به عنوان یکی از مهمترین نمایه‌های محیطی به شدت متاثر از عوامل فیزیوگرافیک بویژه در نواحی کوهستانی و پیرامون آن است. هدف از این پژوهش واکاوی الگوهای توزیع پوشش گیاهی در پهنه شمال‌غربی ایران بر اساس مؤلفه‌های ناهمواری ارتفاعی است. بدین منظور از فرآورده نمایه پوشش گیاهی NDVI سنجنده مادیس ترا و آکوا (MOD13Q1-V006 و MYD13Q1-V006) در دوره ۲۰۰۳-۲۰۲۰ با توان تفکیک زمانی ۱۶ روزه استفاده شد. برای مدل رقومی ارتفاع (DEM) از داده‌های ارتفاعی حاصل از تصاویر ماهواره ALOS و برای شیب و جهت شیب از روش پردازش رستری پنجره متحرک و تحلیل پیکسل به پیکسل بهره گرفته شد. فرایند آماده‌سازی، تنظیم و پردازش داده‌ها با کمک زبان برنامه نویسی پایتون انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که پوشش گیاهی در دوره سرد (اکتبر تا فوریه) کاهش یافته و نمایه NDVI در ژانویه و فوریه در فاز کمینه قرار گرفته است. الگوی می با نرخ بیشینه ۰/۸۷۵ نشانگر افزایش نمایه NDVI نسبت با آپریل است. مقادیر بیشینه نمایه NDVI در ماه‌های اگوست و سپتامبر نیز حاصل کشت و زرع در نواحی جلگه‌ای و دشت‌ها است. تغییرات الگوی انتشار و استقرار پوشش گیاهی بر اساس عامل ارتفاع، غالبا افت شدید پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. بیشینه نمایه NDVI بر اساس عامل ارتفاع مربوط به ماه‌های آوریل (۰/۶۰۹) و می (۰/۵۵۶) و فصول بهار (۰/۴۹۸) و تابستان (۰/۵۳۳) است که جلگه پست مغان و غرب آن را در بر می‌گیرد. کمینه این نمایه نیز عمدتا مربوط به ماه‌های اکتبر تا مارچ به دلیل استقرار برف‌پوش و یخبندان از ارتفاع ۲۱۸۳ متر به طرف طبقات ارتفاعی بالاتر و در آپریل و می به دلیل تداوم برف‌پوش در قلل بسیار مرتفع می‌باشد. کمینه درجه سبزینگی نیز از ارتفاع ۲۴۸۳ متر در زمستان و ارتفاع ۳۹۸۳ متر در پاییز به سوی طبقات ارتفاعی فوقانی حادث شده است. تغییرات نوسانات رویشی با شیب زمین در بازه‌های زمانی مختلف غالبا افزایش ملایم و توام با نوسان تراکم سبزینگی را از شیب ۳ تا ۴۵ درجه به دلیل خروج از قلمرو تخریب آنتروپوژنیک پوشش گیاهی نشان می‌دهد. افت نمایه NDVI در شیب‌های کمتر از ۳ درجه نیز با استقرار پهنه‌های شهری و روستایی منطبق است. بیشینه مقادیر NDVI مربوط به جهت شیب N در ماه می و بهار و کمینه آن مربوط به جهت W در ژانویه و زمستان است.

واژه‌های کلیدی: **آنتروپوژنیک، درجه سبزینگی، سنجنده مادیس، شمال غربی، نمایه پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده.**

مقدمه

پوشش گیاهی نمایه مهمی برای واکاوی خشکسالی، بیلان مصرف آب، تخریب عرصه های طبیعی، روند رشد گونه‌های گیاهی و غیره محسوب می‌شود و بوسیله آن می‌توان اطلاعات مهم و ضروری برای بررسی و توصیف سیستم‌های مختلف منابع طبیعی را به دست آورد. اهمیت پوشش گیاهی بویژه جنگل‌ها در پهنه‌های کوهستانی را نمی‌توان نادیده گرفت. جنگل‌ها و سایر گیاهان محیط مناسبی برای بسیاری از گونه های جانوری و گیاهی دیگر فراهم می‌آورند و باعث افزایش توان تولید اکوسیستم‌ها می‌شوند (شاهزیدی، ۱۴۰۲). اساسا پراکنش و الگوی توزیع و گسترش پوشش گیاهی دارای اهمیت بوده و توسط پژوهشگران متعددی از جمله (Weiser

*نویسنده مسئول: am_halabian@pnu.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

Oliver & Webster, 1986 ،et al., 1986، Henebry, ،Turner, et al., 1992 ،Stephenson, 1990 ،1993 ،Bai et al., 2004 ،Endress & Chinea, 2001، Nelson et al., 2007 و Souza et al., 2010) بررسی شده است. پوشش‌های گیاهی به صورت منطقه‌ای و محلی بر مؤلفه‌های میکرواقلیم تاثیر و فرسایش خاک را کنترل می‌کنند (Jin et al., 2009). در این ارتباط، مولفه‌های ناهمواری شامل ارتفاع، جهت و مقدار شیب زمین، میکرواقلیم را کنترل می‌کند؛ نوسانات میکرواقلیم نیز تاثیر بسزایی روی پراکنش فضایی و الگوهای رویشی و گسترش پوشش گیاهی می‌گذارد (Johnson, 1981, Day & Monk, 1974، Allen & Peet, 1990 ،Marks & Harcombe, 1981، Busing et al., 1993). یکی از ابزارهای سودمند در واکاوی الگوهای فضایی پوشش گیاهی، فناوری سنجش از دور است. این فناوری به سبب ویژگی‌هایی نظیر امکان دید وسیع و یکپارچه از یک پهنه جغرافیایی، قابلیت تکرارپذیری، دستیابی آسان به داده‌ها، دقت بالای داده‌های حاصله و صرفه جویی در زمان برای واکاوی الگوهای رویشی و تغییرات آن نسبت به سایر روش‌ها برتری آشکاری دارد (Huete et al, 2002). بدین سبب این فناوری در ارزیابی‌های تغییرات پوشش گیاهی و توزیع جغرافیایی آن در پهنه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نظر موضوعی، برای واکاوی وردش‌های فضایی- زمانی پوشش گیاهی، پژوهشگران متعددی از داده‌های ماهواره‌ای مادیس و نمایه NDVI بهره گرفته‌اند (Zhang et al., 2003 ، Fang et al., 2018 ،Roy, 2021 ،Tiwari et al., 2024، Khan et al., 2025). بسیاری از پژوهش‌هایی که با این نمایه صورت گرفته، به واکاوی الگوها و تغییرات افقی این نمایه در پهنه‌های کوهستانی و مجاور آن پرداخته‌اند (Hansen, 2000 ،Guisan & Zimmermann, 2000، Lookingbill & Urban, 2005 ،Miller et al., 2004). در ایران نیز فرجزاده و کاوسی ،۱۳۹۳، نیک‌پور و همکاران ،۱۳۹۷، میراحسنی و همکاران، ۱۳۹۸، قنبری‌مطلق و امرایی، ۱۳۹۹، کفایت مطلق و مسعودیان، ۱۳۹۶، منتظری و کفایت مطلق، ۱۳۹۷، حلبیان و همکاران، ۱۴۰۲ و شاهزیدی، ۱۴۰۲به پایش فضایی- زمانی پوشش گیاهی با این نمایه و با بهره‌گیری از داده‌های مادیس پرداخته‌اند. در مقوله فنولوژی گیاهی و دوره‌های رویش گیاهی نیز پژوهشگرانی نظیر (Testa et al., 2018 ,Ahmed & Singh, 2020 و Touhami, et al., 2022) از فراورده‌های NDVI و EVI سنجنده مادیس ترا و آکوا بهره گرفته‌اند. پژوهشگرانی مانند (Li et al., ،Zhong et al., 2010 ،Souza et al., 2010 ،2010 ،Chang et al, 2011 ،Rowhani et al., 2011، Piao et al., 2012) نیز به ارزیابی ارتباط الگوهای رویش گیاهی با سنجه‌های فیزیوگرافیکی و اقلیمی پرداخته‌اند. پیشینه مطالعاتی فوق نشان می‌دهد که الگوهای استقرار و پراکنش پوشش گیاهی در ارتباط با مولفه‌های توپوگرافیک بندرت مورد بررسی واقع شده است. پژوهش حاضر دارای قالب تلفیقی است که با یک بینش و رویکرد ترکیبی به واکاوی الگوهای افقی و عمودی رویش و پراکنش پوشش گیاهی در پهنه شمال‌غربی ایران پرداخته است. رویکردی که می‌توان آن را تحت عنوان ژئوبوتانیک قلمداد نمود؛ این می‌تواند به نوبه خود نوعی نوآوری قلمداد شود. در این پژوهش مفهوم ژئوبوتانی با استفاده از داده‌های مختلف نظیر داده‌های ارتفاعی و داده‌های مربوط به نمایه پوشش گیاهی (NDVI) حاصل از تصاویر دورکاوی عینیت می‌یابد. وردش‌های توپوگرافیک و مولفه‌های مرتبط با آن از مهمترین عوامل تاثیرگذار در سیمای طبیعی پهنه شمال‌غربی ایران است. پهنه‌ای که وردایی پوشش گیاهی به پیروی از این عوامل فیزیوگرافیک در واحدهای مختلف مورفیک آن قابل ملاحظه است. لذا پژوهش پیش‌رو درصدد واکاوی ارتباط الگوهای رویش گیاهی با مولفه‌های ناهمواری ارتفاعی در فضای جغرافیایی شمال‌غربی ایران است.

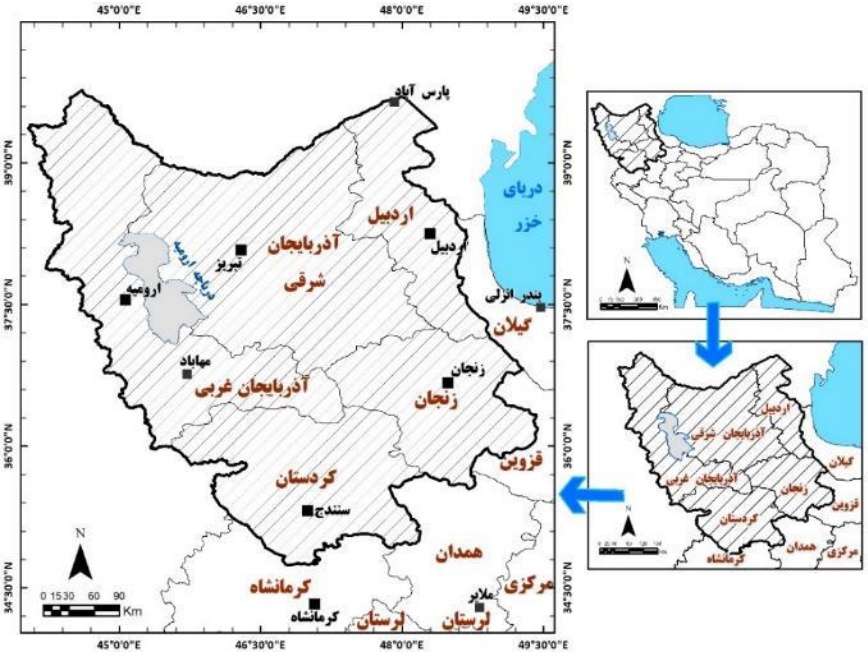
مواد و روش‌ها

قلمرو مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی شامل استان های شمال غربی ایران (اردبیل ، آذربایجان غربی ، آذربایجان شرقی، زنجان ، کردستان) می‌باشد. ارتفاعات سبلان با ۴۸۱۱ متر و سهند با ۳۷۰۷ متر و کوه‌های ارسباران با ارتفاع ۳۲۲۵ متر و کوههای طالش با ارتفاع ۳۳۰۳ متر، یکی از وسیعترین مناطق برف گیر ایران و سرچشمه رودخانه های بزرگی، چون: ارس، آجی چای (تلخه رود)، قزل اوزن، شاهرود، سفیدرود، سیمینه‌رود، زرینه‌رود ، قره‌سو و اهررود را تشکیل می‌دهد. این ارتفاعات که دارای تنگه‌های با شیب تند بوده و در فصل بارش حجم زیادی از برف را در خود جای می‌دهد. با توجه به این که قسمت عمده بارندگی در این نواحی در فصل سرد سال رخ می‌دهد، ذخایر برفی اهمیت زیادی را در تأمین آبهای سطحی منطقه داراست. ارتفاعات برف‌گیر سهند نیز

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

یکی از بزرگترین منشأهای رودخانه‌های متعددی است که حیات شهری، روستایی و عشایری را تداوم بخشیده است.



شکل ۱- موقعیت قلمرو مطالعاتی

داده و روش‌شناسی

داده‌های رستری این پژوهش داده‌های ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) را در بر می‌گیرد. برای پوشش گیاهی از داده‌های (NDVI) سنجنده مادیس فرآورده MOD13Q1-V006 ورژن ۶ ماهواره ترا (Terra) و سنجنده مادیس فرآورده MYD13Q1-V006 ورژن ۶ ماهواره آکوا (Aqua) در دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۳ استفاده شد که دارای قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر و قدرت تفکیکی زمانی ۱۶ روزه هستند. داده‌های خام سنجنده‌های مادیس ترا و آکوا با سیستم تصویر سینوسی و با فرمت HDF به فرمت TIF تنظیم و با اپراتور میانگین ادغام و به فرمت ASCII تبدیل و با کمک زبان برنامه نویسی پایتون پردازش شد.

یکی از کاربردی‌ترین روش‌های واکاوی تغییرات پوشش گیاهی استفاده از نمایه NDVI است؛ بر همین اساس پژوهشگران متعددی از این نمایه استفاده کرده‌اند (Bergera et al., 2019، Renza et al., 2017، Morawitz et al., 2006، Rawat et al., 2013، Gu et al., 2008 و Lyon et al., 1998). نمایه پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده، یک تبدیل نرمال شده از نسبت تفاضل و مجموع باند مادون‌قرمز نزدیک و باند قرمز انعکاسی است که دامنه آن از ۱- تا ۱+ می باشد (تارنمای ناسا[1]):

رابطه۱ $NDVI= (NIR-RED) / (NIR + RED)$

مقادیر بالاتر NDVI با پوشش و تراکم بیشتر پوشش گیاهی مرتبط است و مقادیر کمتر NDVI مربوط به نواحی بدون پوشش گیاهی و یا با پوشش کمتر است. مقدار ۰ و کمتر در شاخص NDVI معرف نواحی عاری از پوشش گیاهی، برف و یخ‌های کوهستانی می‌باشند. به بیان دیگر، این نمایه هر چه به عدد ۱+ نزدیک شود بر میزان پوشش گیاهی افزوده می‌گردد و بالعکس هر چه به ۱- نزدیک شود از میزان پوشش گیاهی کاسته می‌شود. در گام بعدی مولفه‌های ارتفاع، جهت و میزان شیب زمین در تناسب با نرخ شاخص پوشش گیاهی در بازه‌های زمانی مختلف شامل بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، در این پژوهش برای مدل رقومی ارتفاع(DEM) از داده‌های آژانس اکتشافات فضایی ژاپن در ماه می و اکتبر ۲۰۱۵ با توان تفکیک افقی حدود ۲۳ متر بهره گرفته شد. این داده‌ها در حال حاضر دقیق‌ترین

[1] https://modis.gsfc.nasa.gov

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

داده‌های ارتفاعی رایگان در مقیاس پوششی جهانی است. این داده‌ها از تصاویر ماهواره ALOS به‌دست‌آمده (Takaku et al., 2014) که از شبکه داده‌های رقومی سطحی با توان تفکیک مکانی پنج متر و با پوشش جهانی استخراج شده و در حال حاضر دقیق‌ترین داده‌های ارتفاعی در مقیاس بزرگ‌اند (Tadono et al., 2014). داده‌های رقومی ارتفاعی با هدف واکاوی توپوگرافیکی و بررسی ارتباط تغییرات و پراکنش نمایه پوشش گیاهی و مولفه‌های ناهمواری ارتفاعی، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاعی به شرحی که در ادامه می‌آید مشتق شدند. در این پژوهش به منظور هماهنگ-سازی تفکیک فضایی داده‌ها از روش پرکاربرد میان‌یابی دوسویه (Bilinear interpolation) برای تغییر اندازه یاخته‌های داده‌های رستری (Resample) استفاده شد. در خصوص مولفه‌های ناهمواری، ارتفاع زمین از پیکسل‌های مدل رقومی ارتفاعی محاسبه شد. برای شیب و جهت شیب در فضای مدل‌سازی رقومی زمین از روش پردازش رستری پنجره متحرک و روش تحلیل سلول به سلول استفاده شد. بدین منظور، از پنجره متحرک ۳ × ۳ پیکسل بهره گرفته شد. (شکل ۲). شیب در جهات ستونی و سطری از روابط ۲ و ۳ با استفاده از الگوریتم پیشنهادی زیر محاسبه شد (Unwin, 1981):

Z_5	Z_2	Z_6
Z_1	Z_0	Z_3
Z_8	Z_4	Z_7

شکل ۲- پنجره متحرک ۳ در ۳ سلولی برای برآورد مولفه‌های شیب و جهت شیب زمین

رابطه ۲ $$Slope_{we} = \frac{(Z_7+\sqrt{2}Z_3+Z_6)-(Z_8+\sqrt{2}Z_1+Z_5)}{(4+2\sqrt{2})\times d}$$

رابطه ۳ $$Slope_{sn} = \frac{(Z_6+\sqrt{2}Z_2+Z_5)-(Z_7+\sqrt{2}Z_4+Z_8)}{(4+2\sqrt{2})\times d}$$

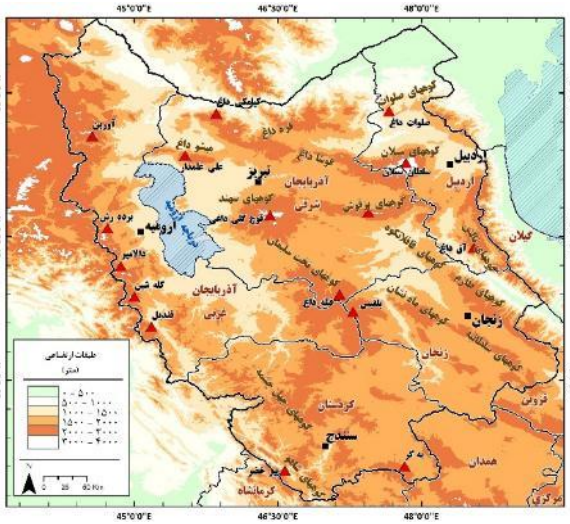
بر این اساس، شیب در جهت ستونی ($Slope_{we}$) و در جهت سطری ($Slope_{sn}$) بر اساس روابط فوق محاسبه و سپس از تلفیق نتایج آن، لایه شیب نهایی از طریق (رابطه ۴) حاصل گردید:

رابطه۴ $$Slope = \tan\alpha = \sqrt{Slope_{row}^2 + Slope_{Column}^2}$$

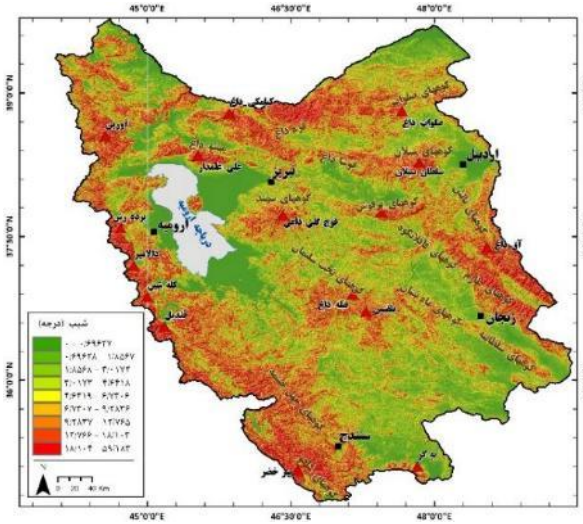
بعد از محاسبه شیب در جهات ستونی و سطری، جهت شیب با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد:

رابطه ۵ $$Aspect = \tan\beta = \frac{Slope_{we}}{Slope_{ns}}$$

در روابط فوق α زاویه عمودی شیب و β زاویه افقی جهت شیب است. شکل ۳ مدل رقومی ارتفاعی، شکل ۴ و ۵ به ترتیب درجه شیب و جهت شیب را در پهنه شمال‌غربی ایران نشان می‌دهد.

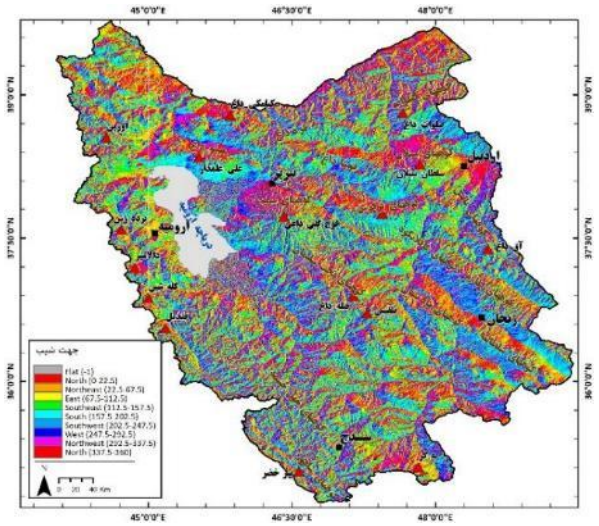


شکل ۳ – مدل رقومی ارتفاعی (DEM) در پهنه مورد بررسی



شکل ۴: درجه شیب زمین (Slope) در پهنه مورد بررسی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

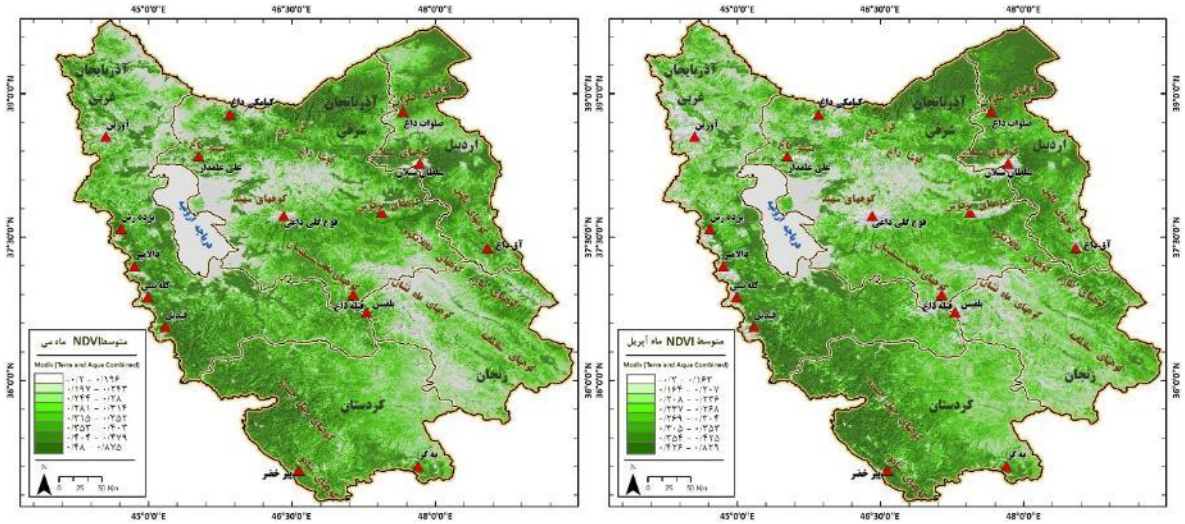


شکل ۵- جهت شیب زمین (Aspect) در پهنه مورد بررسی

نتایج

واکاوی الگوهای ماهانه نوسانات رویشی در پهنه شمال‌غربی

الگوی نوسانات ماهانه نمایه پوشش گیاهی در ماه‌های آپریل (فروردین) و می (اردیبهشت) در شکل ۶ نشان داده شده است. الگوی پوشش گیاهی در این دو ماه ضمن برخورداری از تشابه نسبی، نشان از افزایش محسوس تراکم پوشش گیاهی در ماه می (اردیبهشت) در انطباق با دوره رویش و رشد گیاهی و برخورداری از شرایط مطلوب اقلیمی دارد؛ به گونه‌ای که بیشینه نمایه NDVI از مقدار ۰/۸۲۹ در آپریل (فروردین) به ۰/۸۷۵در می (اردیبهشت) افزایش یافته است. در این خصوص، بیشینه این نمایه با نرخ ۰/۸۷۵ محدود به جلگه مغان، دشت اردبیل، دامنه‌های شمالی سبلان، دامنه شمالی کوهستان قره داغ (جنگل‌های ارسباران) به سبب برخورداری از رطوبت خزر و رود ارس، دشت‌های شمالی، دشت‌ها و جلگه‌های مرکزی و جنوبی آذربایجان غربی، دامنه‌های شرقی ارتفاعات غربی از برده‌رش تا قندیل، و ارتفاعات چهل چشمه، دامنه‌ها و دشت‌های غربی آن، ارتفاعات به‌گر و دامنه‌ها و دشت‌های شرقی و غربی آن تحت تاثیر بهبود وضعیت مراتع کوهستانی و فعالیت‌های آنتروپوژنیک و مداخله‌های انسانی کشت و زرع در سطح دشت‌ها و جلگه‌ها است. کمینه نمایه NDVI در این دو ماه با نرخ ۰/۲- نیز عمدتا مربوط به چکادهای سبلان و سهند و قلل ارتفاعات غربی به سبب برخورداری همچنان از برف‌پوش و بخش‌های شرقی و جنوبی دریاچه ارومیه به دلیل پدیده شوری است.

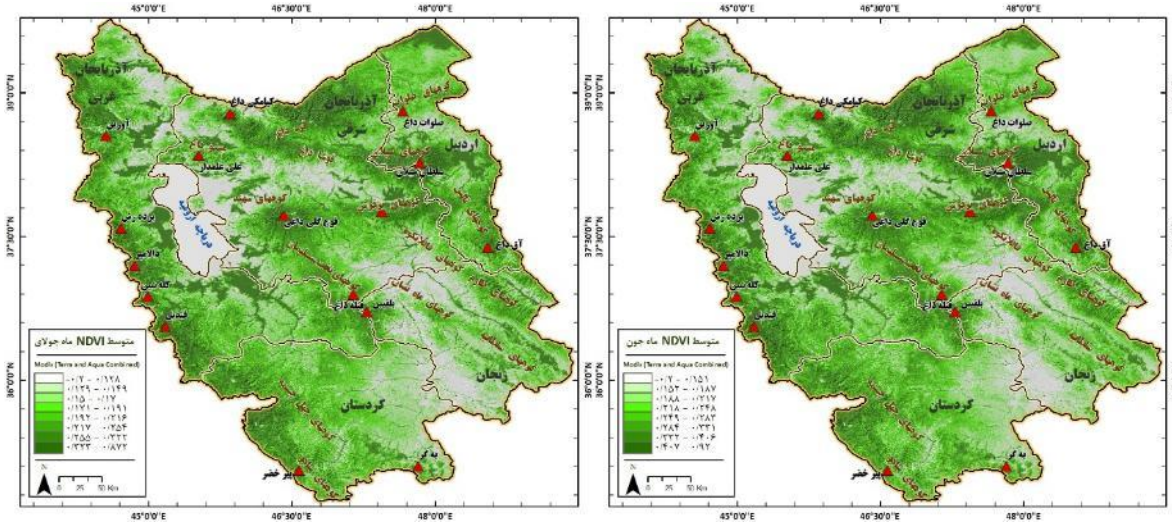


شکل ۶- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در ماه‌های آپریل (فروردین) و می (اردیبهشت)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

شکل ۷ الگوی نوسانات ماهانه درجه سبزینگی با بهره‌گیری از نمایه NDVI را در ماه‌های جون (خرداد) و جولای (تیر) نشان می‌دهد. الگوی رویشی در این دو ماه نیز تقریبا مشابه است؛ ولی تراکم پوشش گیاهی در جولای (تیر) نسبت به جون (خرداد) کاهش ملموسی دارد. به گونه‌ای که بیشینه نمایه NDVI از نرخ ۰/۹۲ در جون (خرداد) به ۰/۸۷۲ در جولای (تیر) تغییر کرده است. بیشینه این نمایه در این دو ماه با مقادیر ۰/۸۷۲ و ۰/۹۲ مربوط به بخش شمالی جلگه مغان، دشت اردبیل، دامنه‌های توده‌های کوهستانی سبلان و سهند، جنگل‌های ارسباران در دامنه شمالی واحد کوهستانی قره داغ، دشت‌های شمالی، جلگه‌های مرکزی و دشت ارومیه در آذربایجان غربی، دامنه‌های شرقی و غربی کوهستان‌های واقع در مرز غربی غالبا از برده‌رش تا قندیل، دشت‌های غربی ارتفاعات چهل چشمه به سبب وجود مراتع و پوشش گیاهی مناسب در این ارتفاعات است. کمینه نمایه NDVI در این دو ماه نیز با نرخ ۰/۲- محدود عمدتا به پهنه‌های شرقی و جنوبی دریاچه ارومیه به سبب پدیده شوری است.

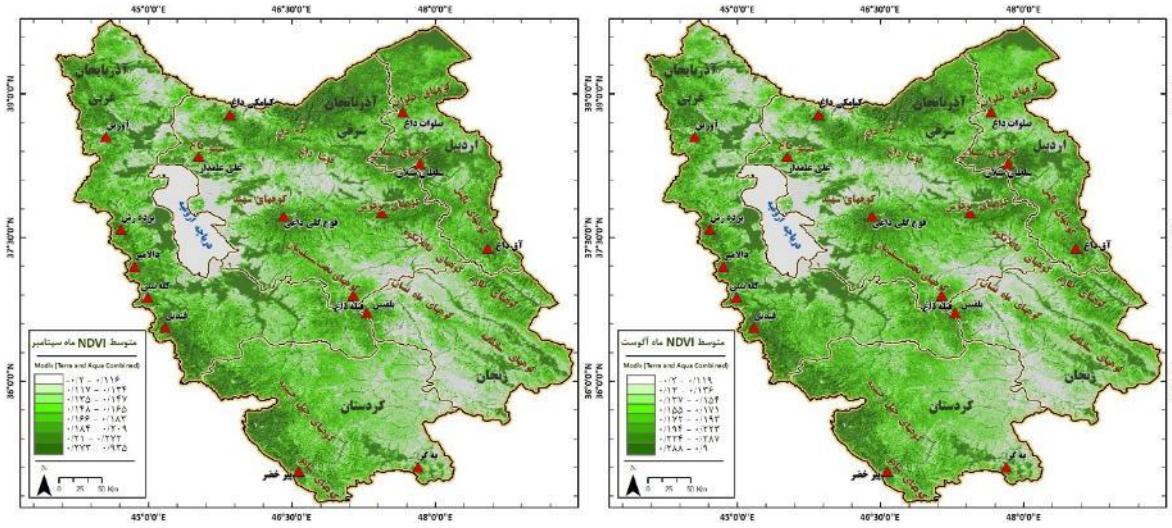
.



شکل ۷- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در ماه‌های جون (خرداد) و جولای (تیر)

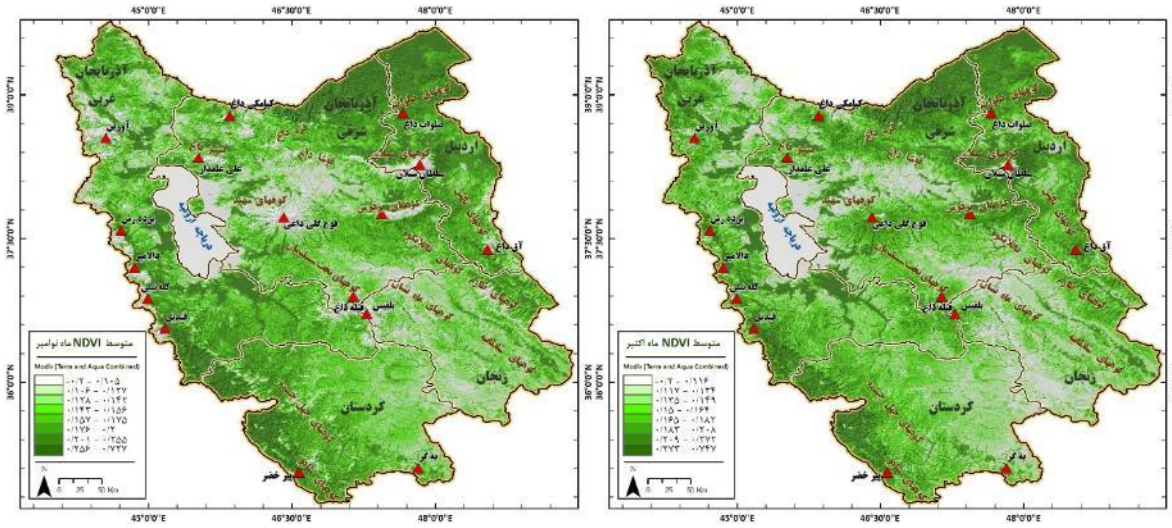
الگوی نوسانات ماهانه نمایه پوشش گیاهی در ماه‌های اگوست (مرداد) و سپتامبر (شهریور) در شکل ۸ آشکارسازی شده است. الگوی رویشی در این دو ماه ضمن همسانی نسبی نشان از فزونی تراکم پوشش گیاهی در سپتامبر (شهریور) در قیاس با اگوست (مرداد) بویژه در جلگه مغان و دامنه شمالی کوهستان قره داغ (جنگل‌های ارسباران) به سبب بهره‌مندی از رطوبت توده آبی خزر و رود ارس و شرایط جوی مطلوب و آغاز بارش‌های فصلی مناسب دارد. پهنه‌های با بیشینه الگوی رویشی متاثر از نمایه NDVI در این دو ماه با مقادیر عددی ۰/۹ و ۰/۹۳۵ نیز تقریبا همانند دو ماه پیشین البته با گرایش به مقادیر بیشتر است که می‌تواند علاوه بر مهیایی شرایط دمایی و بارشی مناسب برای رشد گیاهی، ناشی از فعالیت‌های انسان محور بویژه کشاورزی به خصوص در سطوح هموار مشتمل بر دشت‌ها و جلگه‌ها باشد. کمینه نمایه NDVI در این بازه زمانی نیز با مقدار ۰/۲- پهنه‌های شرقی و جنوبی دریاچه ارومیه را شامل می‌شود.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



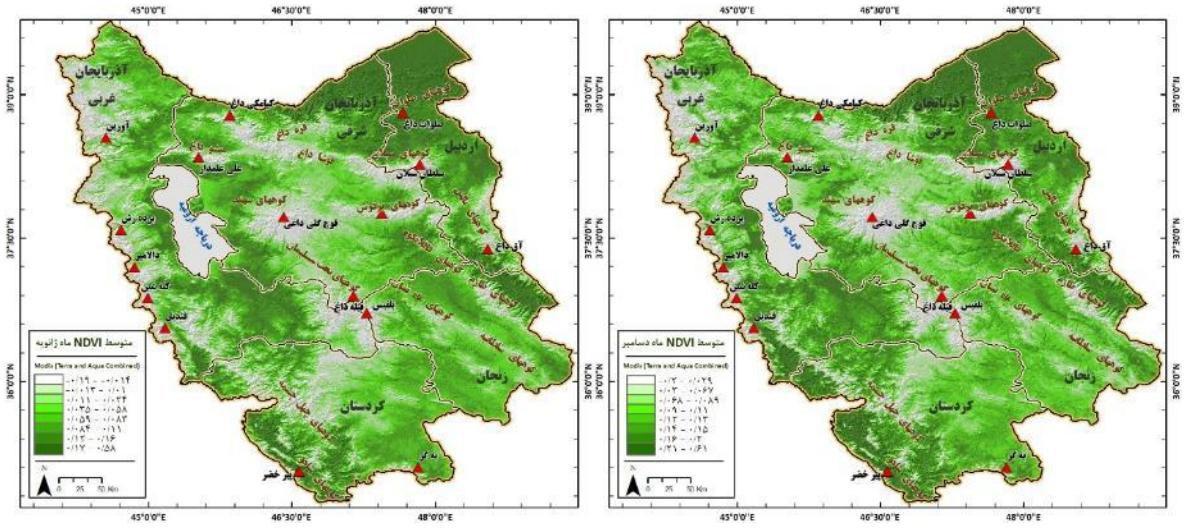
شکل ۸- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در ماه‌های اگوست (مرداد) و سپتامبر (شهریور)

در نواحی مختلف پهنه مورد بررسی، افت نمایه NDVI از اکتبر (مهر) تا فوریه (بهمن) منطبق بر ماه‌های سرد سال نمودی آشکار دارد. در این بین ماه‌های ژانویه (دی) و فوریه (بهمن) کمترین مقدار بیشینه الگوهای رویشی حاصل از نمایه NDVI را با مقادیر ۰/۵۸ و ۰/۵۵۵ در بین تمامی ماه‌های سال نمایندگی می‌کند. چکادها و دامنه‌های توده‌های کوهستانی قلمرو مورد بررسی مشتمل بر سبلان، سهند، قلل و دامنه‌های مرتفع ارتفاعات غربی شامل آورین، برده رش، دالامپر، کله شین و قندیل، توده‌های کوهستانی چهل چشمه و شاهو در جنوب و قلل ارتفاعات قره داغ، قوشا داغ، بزقوش، طارم، سلطانیه، ماه نشان و تالش در ماه‌های نوامبر تا مارچ به سبب ریزش و انباشت برف به سبب سردی هوا و توقف دوره رویش عاری از پوشش گیاهی می‌باشد و نمایه NDVI در این پهنه‌ها با مقادیر عددی ۰/۱۸۳- تا ۰/۲- در فاز کمینه است. بیشینه این نمایه در این مدت نیز مربوط جلگه مغان، دشت اردبیل، دامنه شمالی واحد کوهستانی قره داغ (جنگل‌های ارسباران)، برخی از بخش‌های دشت‌های شمالی، جلگه‌های مرکزی و دشت ارومیه در آذربایجان‌غربی، دشت‌های غربی ارتفاعات چهل چشمه است. در ماه مارچ قلمرو مطالعاتی مجدداً شاهد افزایش نرخ نمایه NDVI از پهنه‌های کم ارتفاع، دشت‌ها و جلگه‌ها به سوی دامنه‌های ارتفاعات مستقر در پهنه مورد بررسی است (شکل‌های ۹ تا ۱۱).

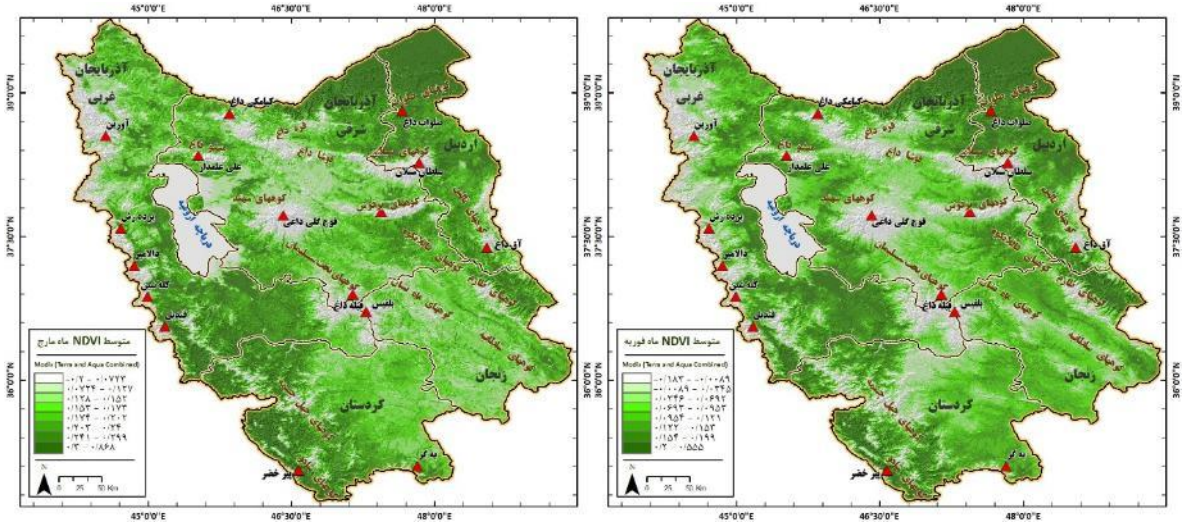


شکل ۹- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در ماه‌های اکتبر (مهر) و نوامبر (آبان)

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۱۰- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در ماه‌های دسامبر (آذر) و ژانویه (دی)



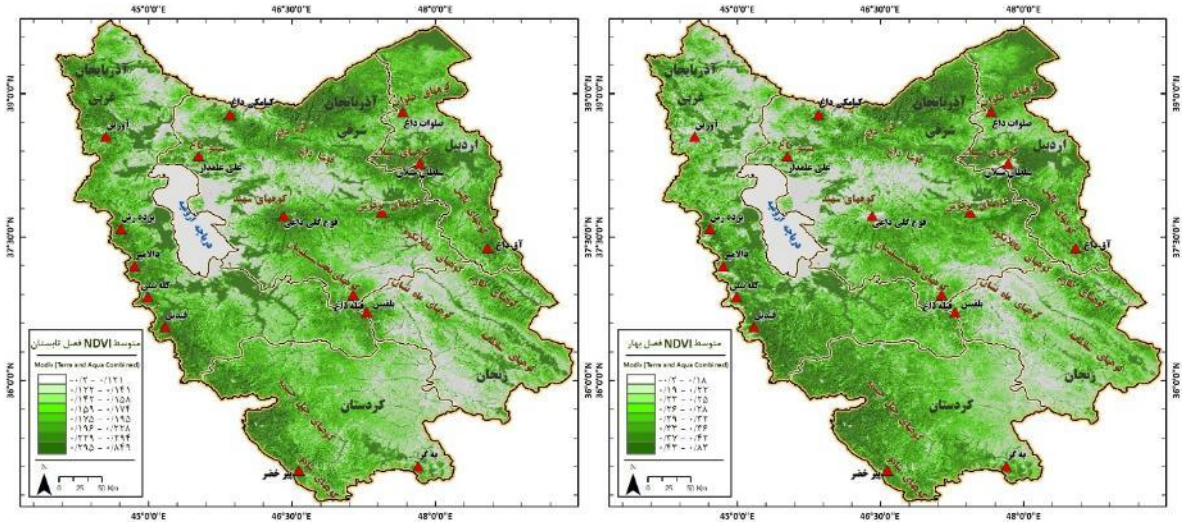
شکل ۱۱- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در ماه‌های فوریه (بهمن) و مارچ (اسفند)

واکاوی الگوهای فصلی نوسانات رویشی در پهنه شمال‌غربی

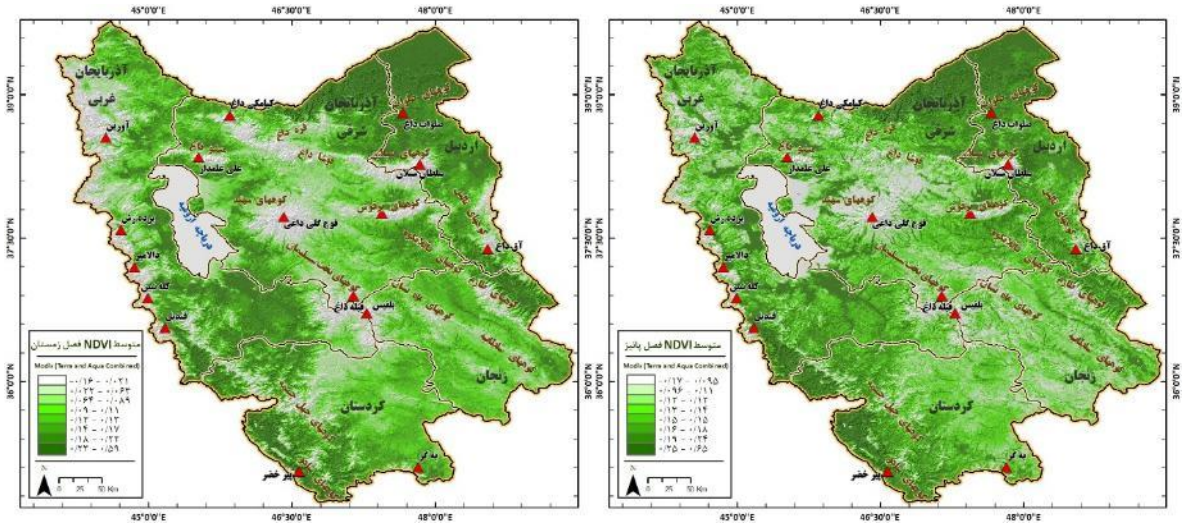
بر اساس الگوی رویشی فصلی متاثر از نمایه NDVI، فصل بهار نشان‌دهنده ورود به دوره رشد گیاهان به سبب مهیایی شرایط مناسب اقلیمی از حیث بارش و دما و تابستان اوج این دوره رشد در قلمرو مورد بررسی است؛ به طوری که فصل تابستان بیشینه تراکم پوشش گیاهی را در محدوده‌های جلگه‌ای و کوهستانی نشان می‌دهد. بر این اساس، بیشینه نمایه NDVI در تابستان با نرخ ۰/۸۴۹ به بخش شمالی جلگه مغان، دشت اردبیل، کوهستان سبلان و دامنه‌های آن، دامنه شمالی کوهستان قره داغ (جنگل‌های ارسباران)، دشت‌های شمالی، دشت‌ها و جلگه‌های مرکزی و جنوبی آذربایجان غربی، ارتفاعات غربی و دامنه‌های آن از برده‌رش تا قندیل و دشت‌های غربی ارتفاعات چهل چشمه، بخش‌های شرقی و شمال‌غربی ارتفاعات به‌گر و دشت‌های طارم در جانب شرقی ارتفاعات طارم و دشت زنجان در جانب شرقی و غربی کوههای سلطانیه محدود می‌شود. لازم به ذکر است که بخش‌های شرقی و جنوبی جلگه مغان و جانب شرقی دامنه شمالی قره داغ (جنگل‌های ارسباران) در فصل بهار از تراکم پوشش گیاهی بیشتر و مناسب‌تری برخوردار بوده‌اند. کمینه نمایه NDVI نیز در تابستان با نرخ ۰/۲- عمدتا بخش‌های شرقی و جنوبی دریاچه ارومیه منطبق بر جلگه‌های تبریز و مراغه را به دلیل پدیده شوری در بر می‌گیرد (شکل ۱۲). کمینه تراکم رویشی فصلی حاصل از نمایه NDVI مربوط به زمستان به سبب گسترش برف‌پوش در ارتفاعات و دامنه‌های این واحدهای کوهستانی در پهنه مورد بررسی است. در بین فصول گذار، پاییز نسبت به بهار از تراکم سبزینگی پایین‌تری برخوردار است که خود

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

نشان از ورود به دوره سرد و مهیایی پهنه مورد بررسی برای شرایط زمستان دارد. در فصل پائیز از نواحی مرتفع به سمت جلگه‌ها و دشت‌های قلمرو مطالعاتی تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد می‌یابد. در این فصل نیز کمینه تراکم سبزینگی محدود به کوهستان‌های مرتفع و پهنه‌های شرقی و جنوبی دریاچه ارومیه (جلگه‌های تبریز و مراغه) است (شکل ۱۳).



شکل ۱۲- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در فصول بهار و تابستان



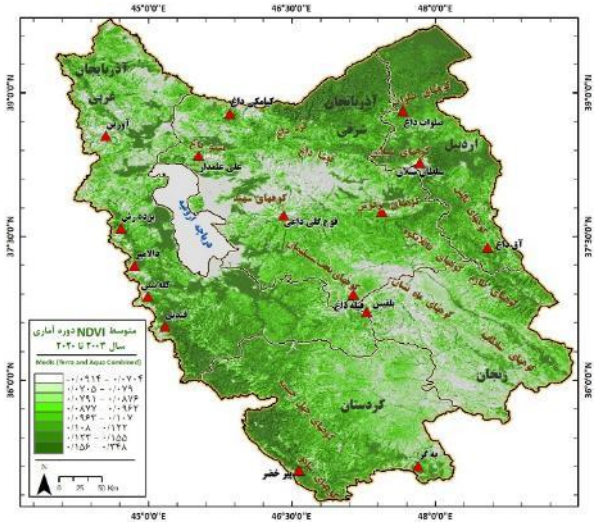
شکل ۱۳- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در فصول پاییز و زمستان

واکاوی الگوی بلندمدت سالانه نوسانات رویشی در پهنه شمال‌غربی

الگوی بلندمدت نوسانات نمایه NDVI که پراکنش پوشش گیاهی را در قلمرو مورد بررسی در دوره زمانی ۲۰۰۳-۲۰۲۰ نشان می‌دهد در شکل ۱۴ نمایش داده شده است. بر این اساس، در چکادها و قلل توده‌های کوهستانی سبلان، سهند، قلل ناهمواری‌های غربی شامل آورین، برده رش، دالامپر، کله شین و قندیل، شاهو در جنوب و قلل ارتفاعات قوشا داغ، میشو داغ، بزقوش، طارم، قافلانکوه، سلطانیه، ماه نشان و تالش، وجود برف و یخ در کوهستان‌ها و دمای اندک، مانع از رشد پوشش گیاهی شده و نمایه NDVI در این پهنه‌ها با نرخ ۰/۰۹۱۴- در حالت کمینه قرار دارد. در عین حال، بخش‌های شرقی و جنوبی دریاچه ارومیه (جلگه‌های تبریز و مراغه) نیز در شرایط حداقلی از حیث نمایه NDVI قرار دارد. بیشینه این نمایه نیز بر اساس الگوی بلندمدت رویش گیاهی با نرخ ۰/۳۴۸ در

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

جلگه مغان، دشت اردبیل، دامنه شمالی واحد کوهستانی قره داغ (جولانگاه جنگل‌های ارسباران)، برخی از بخش‌های دشت‌های شمالی، جلگه‌های مرکزی، دشت ارومیه، دشت‌ها و جلگه‌های جنوبی و دامنه‌های شرقی ارتفاعات غربی در آذربایجان غربی، دشت‌های غربی ارتفاعات چهل چشمه خودنمایی می‌کند. به بیان دیگر، در بازه بلندمدت، افزایش مقادیر نمایه NDVI از پهنه‌های مرتفع (متاثر از برف‌پوش و عاری از پوشش گیاهی) به سوی دامنه ارتفاعات، دشت‌ها و جلگه‌ها با مقادیر مختلف به تناوب رخنمونی آشکار دارد (شکل ۱۴).



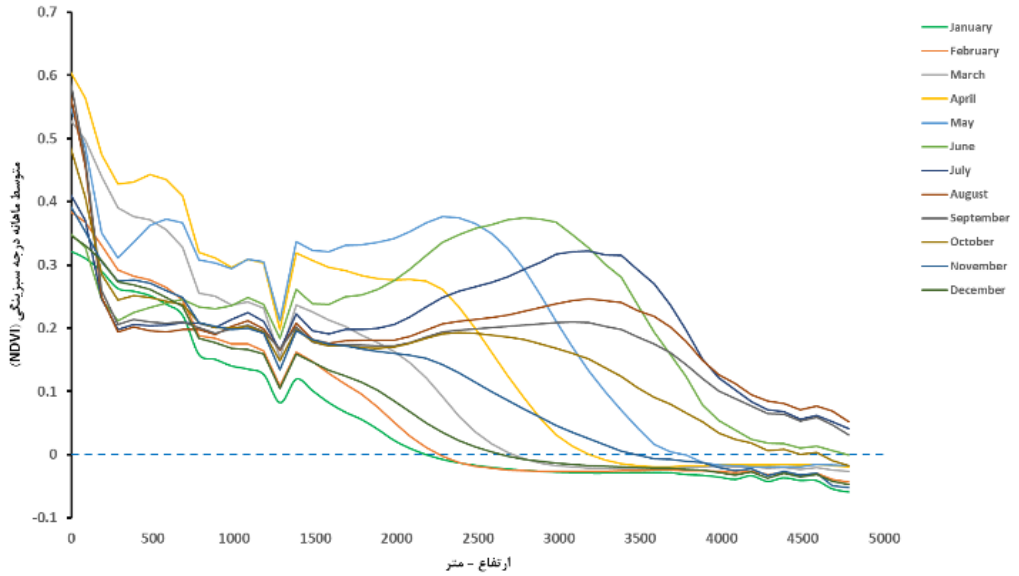
شکل ۱۴- الگوی رویشی میانگین نمایه NDVI در بازه بلندمدت ۲۰۲۰-۲۰۰۳

واکاوی ارتباط الگوهای نوسانات رویشی با مولفه ناهمواری ارتفاع در پهنه شمال‌غربی

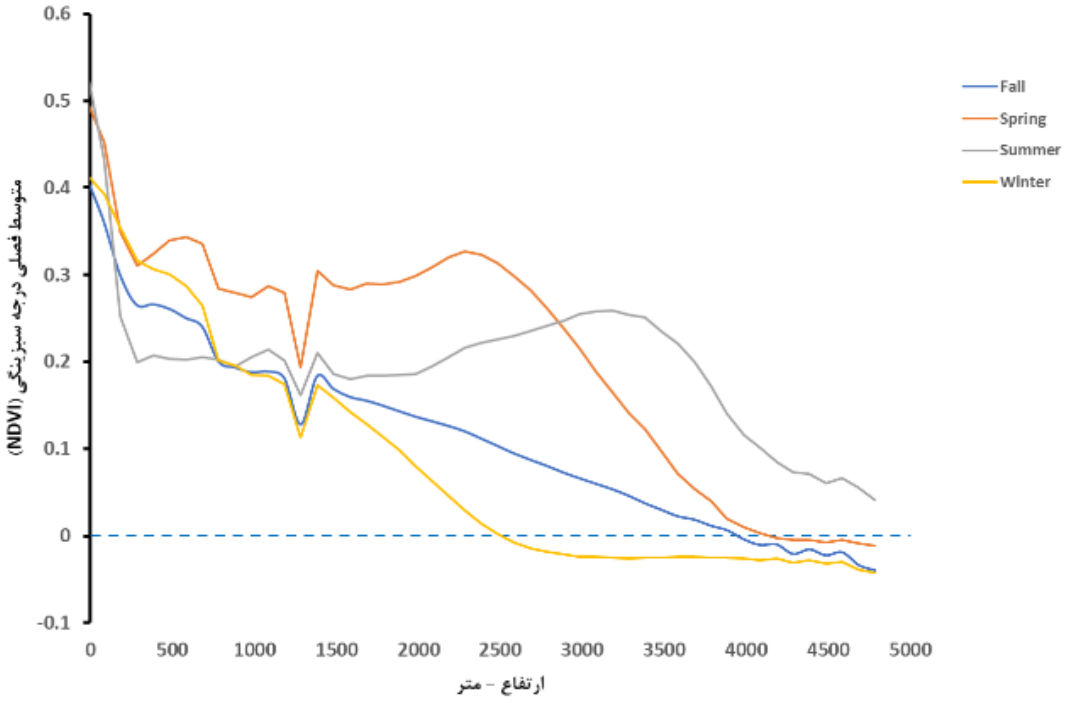
در این بخش تغییرات الگوهای ماهانه رویشی متاثر از نمایه NDVI با توجه به عامل ارتفاع زمین مورد واکاوی قرار گرفت. این واکاوی در شکل‌های ۱۵ تا ۱۷ در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و بلندمدت ارائه شده است. نتایج نشانگر افت شدید و روند کاهشی کلی نمایه NDVI با افزایش ارتفاع در این مقیاس‌های زمانی دارد. شکل ۱۵ الگوی توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی ماهانه را در طبقات ارتفاعی مختلف زمین نشان می‌دهد. الگوی کلی تغییرات حکایت از کاهش شدید پوشش گیاهی به پیروی از عامل توپوگرافیکی ارتفاع در تمامی ماههای سال دارد. به عبارت دیگر، تراکم پوشش گیاهی در پهنه مطالعاتی از سطح زمین تا ارتفاع ۲۸۳ متر در تمامی ماه‌ها به سبب فعالیت‌های آنتروپوژنیک و دخالت‌های انسانی کاهش تند و ناگهانی داشته و سپس تا ارتفاع ۱۲۸۳ متری، شاهد افت کلی درجه سبزینگی با افزایش ارتفاع توام با نوسان بوده است. بیشترین درجه سبزینگی در بین ماههای سال مربوط به آوریل و پس از آن می است که با توجه به کلاس ارتفاعی آن و الگوی توزیع ارتفاعی پهنه مورد بررسی (شکل ۳) جلگه پست مغان و غرب آن را با پوشش گیاهی متراکم در بر می‌گیرد. در طبقات ارتفاعی میانی پهنه مورد بررسی در می در طیف ارتفاعی (۲۲۸۳- ۱۵۸۳ متر)، جون در باند ارتفاعی (۲۷۸۳-۱۵۸۳ متر) و جولای در طیف ارتفاعی (۳۱۸۳- ۱۵۸۳ متر) نمایه NDVI به ازاء ارتفاع به سبب رویش گیاهان طبیعی و فعالیت‌های کشاورزی از روند افزایشی و پس از این باندهای ارتفاعی به سوی ماکزیمم ارتفاع منطقه (۴۷۸۳ متر) از روند کاهشی شدید برخوردار بوده است. این در حالی است که در سایر ماههای سال میانگین درجه سبزینگی ماهانه در ارتباط با سنجه توپوگرافیک ارتفاع در طیف ارتفاعی (۴۷۸۳- ۱۴۸۳ متر) افت شدید دیگری را در تراکم پوشش گیاهی نشان می‌دهد. مقادیر NDVI نزدیک به صفر و منفی در باندهای ارتفاعی مختلف پهنه مورد بررسی بیانگر برف، یخ و یا خاک لخت به تناسب ماه می‌باشد. شکل ۱۶ الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی را در مقیاس زمانی فصلی در طبقات مختلف ارتفاعی نشان می‌دهد. در این الگو نیز همانند الگوهای پیشین ماهانه تا ارتفاع ۲۸۳ متری، افزایش ارتفاع با افت شدید پوشش گیاهی توام است و سپس تا ارتفاع ۱۲۸۳ متری با افت کلی همراه با نوسان توامان است. بیشینه نمایه NDVI در بین فصول سال مربوط به بهار و تابستان است که با توجه به طیف ارتفاعی آن محدود به جلگه پست مغان و غرب آن است. درجه سبزینگی در ارتفاعات میانی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

گستره مطالعاتی در بهار در باند ارتفاعی (۲۲۸۳- ۱۵۸۳ متر) و تابستان در طبقات ارتفاعی (۲۷۸۳-۱۵۸۳ متر) به سبب رویش و اوج دوره رشد گیاهان طبیعی و فعالیت‌های کشاورزی انسان محور دارای روند افزایشی و پس از این باندهای ارتفاعی به سوی ماکزیمم ارتفاع منطقه (۴۷۸۳ متر) دارای روند کاهشی شدید است. پهنه مطالعاتی در فصول پاییز و زمستان از حیث میانگین درجه سبزینگی در ارتباط با عامل ارتفاع در طیف ارتفاعی (۴۷۸۳- ۱۳۸۳ متر) افت شدید دیگری را تجربه می‌کند. بر اساس شکل ۱۷ که الگوی سالانه بلندمدت توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی را نشان می‌دهد، افت کلی نمایه NDVI از پهنه‌های پست و هموار به سوی ارتفاعات بالا کاملا مشهود است. الگوی مذکور با الگوهای ماهانه و فصلی پیشین همراهی و همسانی نشان می‌دهد.

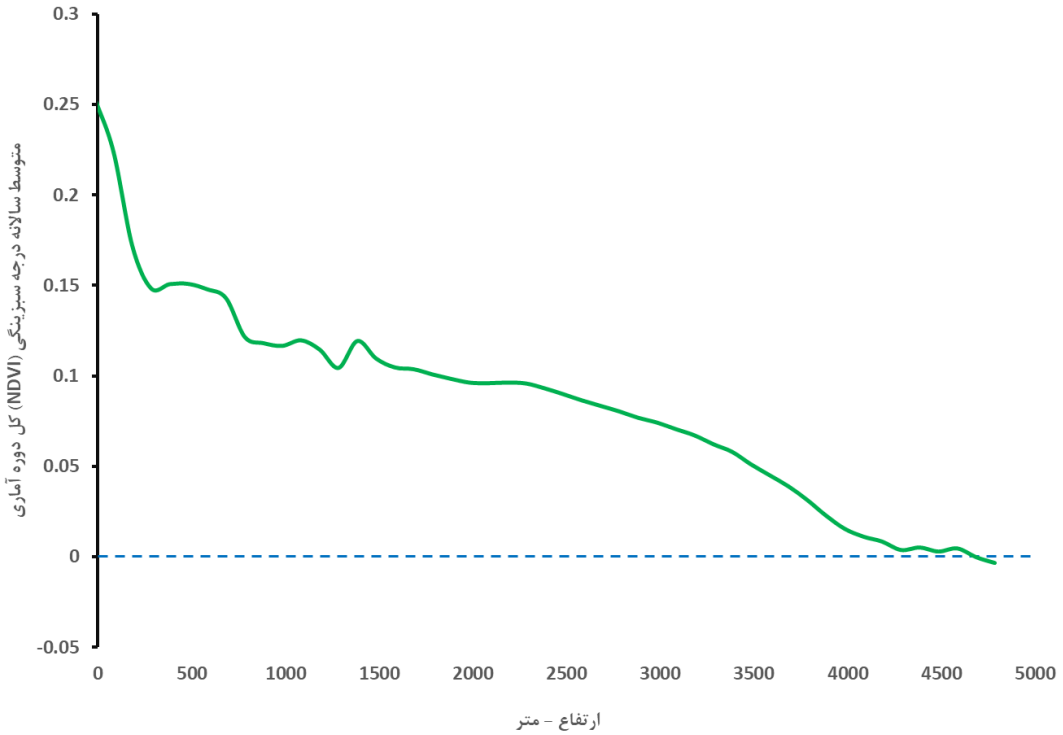


شکل ۱۵- الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی ماهانه در طبقات ارتفاعی



شکل ۱۶-الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی فصلی در طبقات ارتفاعی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



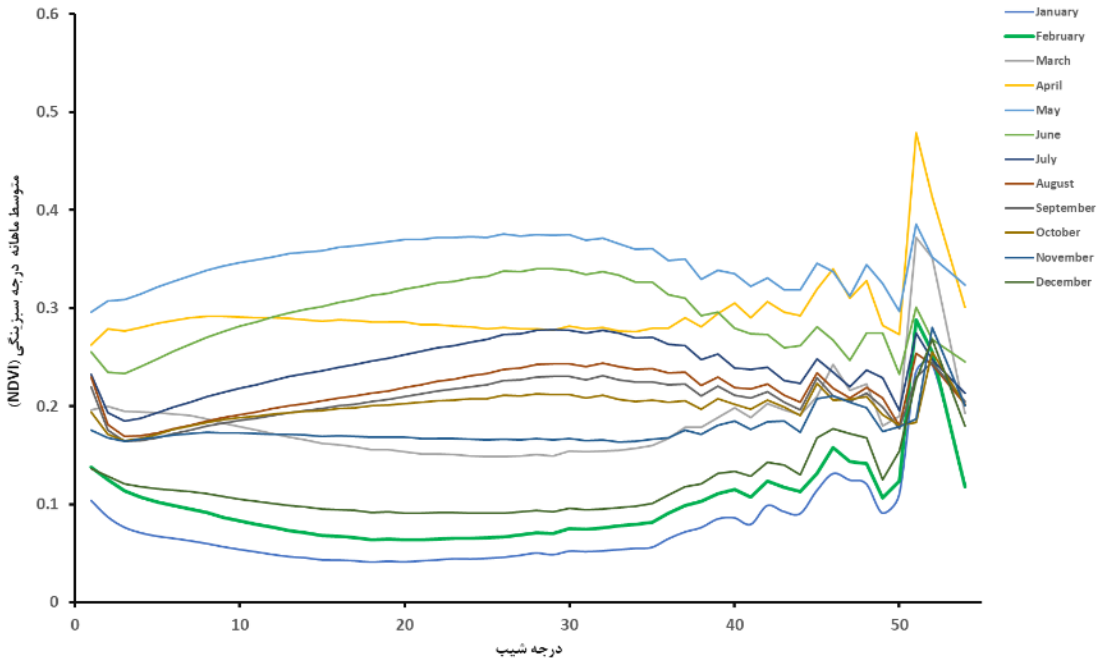
شکل ۱۷- الگوی میانگین سالانه توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی بلندمدت در طبقات ارتفاعی

واکاوی ارتباط الگوهای نوسانات رویشی با مولفه ناهمواری شیب در پهنه شمال‌غربی

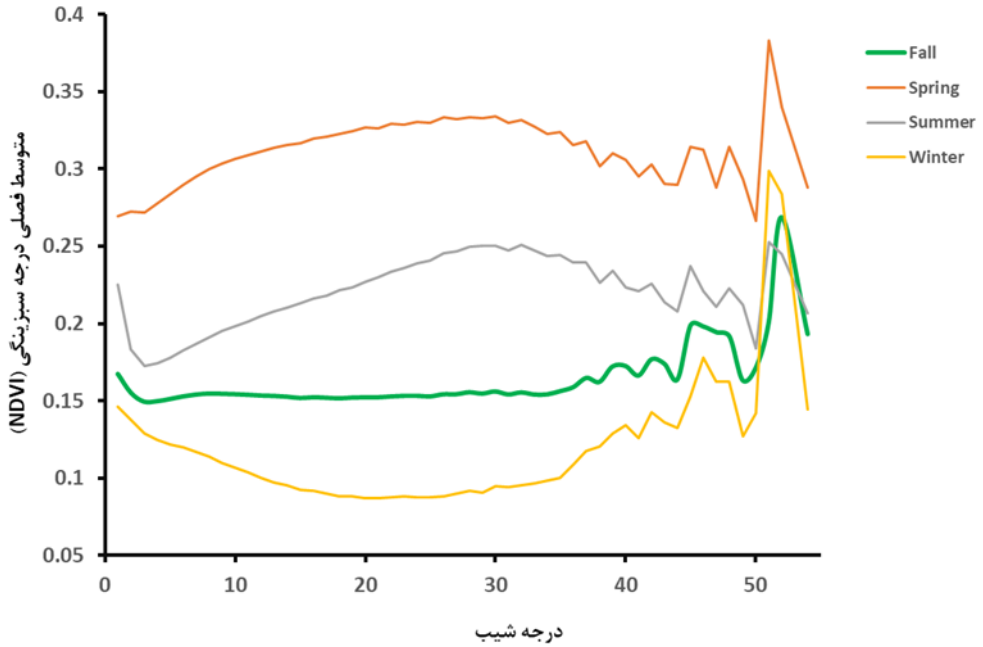
نتایج حاصل از واکاوی ارتباط الگوهای نوسانات رویشی بر اساس عامل فرمی شیب زمین در شکل‌های ۱۸ تا ۲۰ در بازه زمانی ماهانه، فصلی و بلندمدت ارائه و آشکارسازی شده است. الگوی آشکاری که تقریباً در تمامی مقیاس‌های زمانی به صورت حدودا همسان مشاهده می‌شود، غالبا افزایش ملایم و توام با نوسان درجه سبزینگی از شیب ۳ درجه تا ۴۵ درجه است. در این بازه شیب، NDVI نسبتاً پایدار است و معمولاً روند ملایمی از افزایش را به‌خصوص در دوره رشد ماهانه مشتمل بر آپریل، می نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد، این بازه شیب، مناسب‌ترین شرایط را برای رشد گیاهان طبیعی و از نظر اکولوژیکی پایدارترین شرایط را برای پوشش گیاهی طبیعی فراهم می‌کند. از نظر فصلی نیز بیشینه NDVI مربوط به بهار و تابستان و کمینه این نمایه متعلق به زمستان و پاییز است. پس از آستانه شیب ۴۵ درجه، نوسانات رویشی حاصل از نمایه NDVI دچار بی‌نظمی شده و این آشفتگی به سوی شیب‌های فوقانی‌تر استمرار می‌یابد. جهش ناگهانی در حوالی شیب ۵۱ درجه شاید به دلیل تاثیر میکروکلیمای خاص و وجود پوشش گیاهی ویژه و مقاوم در شیب‌های تند باشد. این مسئله نیازمند بررسی دقیق گیاهان محلی در پژوهش‌های پسین است. کاهش نمایه NDVI در شیب‌های کمتر از ۳ درجه می‌تواند مرتبط با استقرار پهنه‌های شهری و روستایی و قلمرو نفوذ آنها باشد.

.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

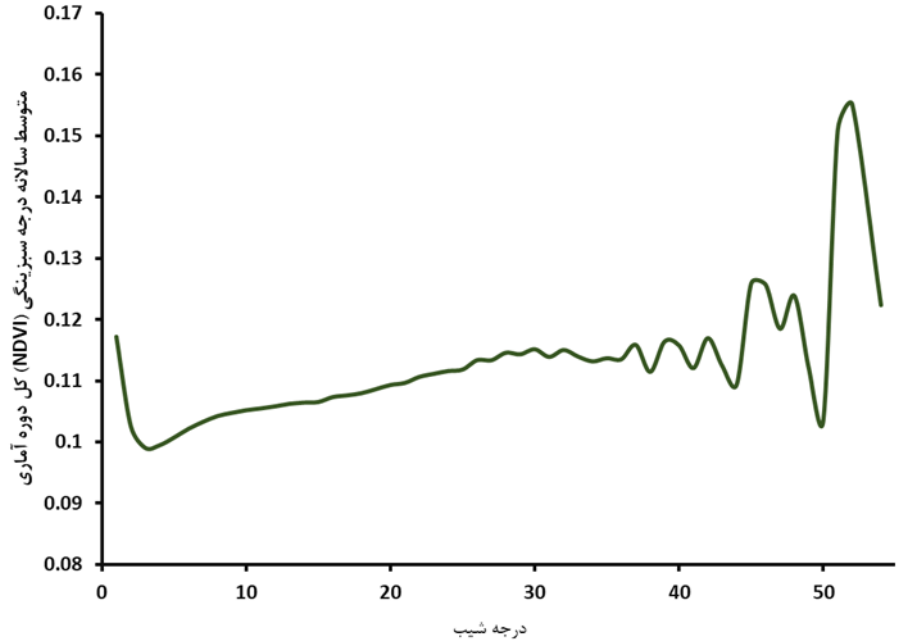


شکل ۱۸- الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی ماهانه در طبقات مختلف شیب



شکل ۱۹- الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی فصلی در طبقات مختلف شیب

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



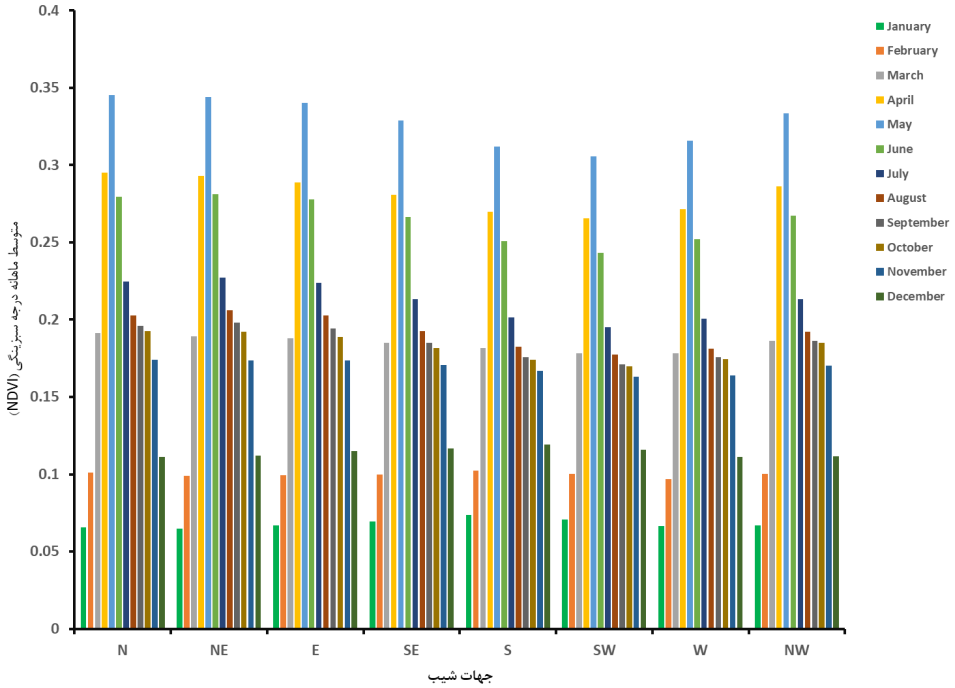
شکل ۲۰- الگوی میانگین سالانه توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی بلندمدت در طبقات مختلف شیب

واکاوی ارتباط الگوهای نوسانات رویشی با مولفه ناهمواری جهت شیب در پهنه شمال‌غربی

اساسا، جهت شیب بر دمای خاک، مقدار آب در دسترس پوشش گیاهی و میزان نور دریافتی اکوسیستم‌های گیاهی موثر است. شیب‌های جنوبی انرژی خورشیدی بیشتری را به دلیل طولانی بودن زمان بهره‌گیری از تابش خورشیدی دریافت می‌کنند و با تغییر جهت شیب به سوی شمال میزان انرژی دریافتی در واحد سطح کاهش می‌یابد. شکل ۲۱ تغییرات نمایه NDVI را در جهات مختلف شیب زمین در بازه زمانی ماهانه به صورت میانگین در پهنه شمال‌غربی ایران زمین نشان می‌دهد. الگوی غالب در مقیاس زمانی ماهانه نشانگر افزایش تراکم درجه سبزینگی در وجوه شیب شمال تا شمال‌شرق (N, NE) و کاهش آن در جهات جنوب‌غرب و غرب (SW, W) است. این وضعیت تقریباً در اغلب الگوهای ماهانه نمودی آشکار دارد. بر اساس این نمودار تفاوت‌های مشهودی در مقادیر NDVI بر اساس جهت‌های شیب وجود دارد؛ که این امر می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر تابش خورشیدی و رطوبت در دامنه‌های مختلف باشد. بالاترین نرخ درجه سبزینگی ماهانه از آن ماه می و پس از آن آپریل در تمامی جهات شیب است. در عین حال، بیشینه مقادیر NDVI مربوط به جهت شمالی در ماه می است. این پدیده می‌تواند به دلیل دریافت کمتر تابش مستقیم خورشیدی و در نتیجه، تبخیر کمتر آب و حفظ رطوبت بیشتر در زمین باشد که شرایط را برای رشد پوشش گیاهی فراهم می‌کند. پایین‌ترین نرخ درجه سبزینگی ماهانه از آن ماه ژانویه و پس از آن فوریه در تمامی وجوه شیب زمین است. در عین حال، کمینه نرخ NDVI مربوط به جهت غربی در ژانویه به سبب استیلای شرایط سرد زمستانی در پهنه مورد بررسی است.

.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



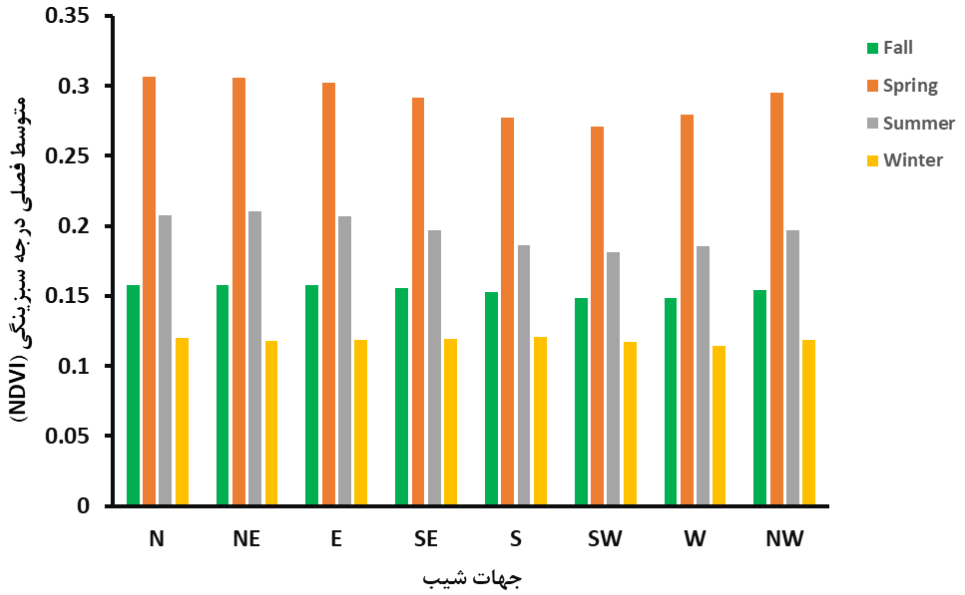
شکل ۲۱- الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی ماهانه در جهات مختلف شیب

شکل ۲۲ الگوی تغییرات نمایه NDVI را در جهات مختلف شیب به صورت میانگین فصلی نشان می‌دهد. الگوی غالب در بازه زمانی فصلی همانند الگوی ماهانه افزایش نمایه NDVI را در جهات شیب شمال تا شمال‌شرق (N, NE) و کاهش آن در وجوه شیب جنوب‌غرب و غرب (SW, W) نشان می‌دهد (شکل ۲۲). بالاترین نرخ درجه سبزینگی فصلی در بهار در تمامی جهات شیب آشکار است. این امر نشان‌دهنده اوج فصل رویش و حداکثر فعالیت فتوسنتزی گیاهان به سبب مهیایی شرایط اقلیمی بهینه است که پس از فصل سرد زمستان آغاز می‌شود. مقادیر NDVI در تابستان نسبت به بهار کاهش می‌یابد. این کاهش می‌تواند ناشی از افزایش دما و تنش خشکی در طول تابستان باشد که باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود. با این حال، تابستان نیز بالاترین مقادیر نمایه NDVI را پس از بهار در تمامی وجوه شیب نشان می‌دهد. در عین حال، بیشینه مقادیر درجه سبزینگی به ترتیب مربوط به وجوه شمالی و شمال‌شرقی در بهار است.

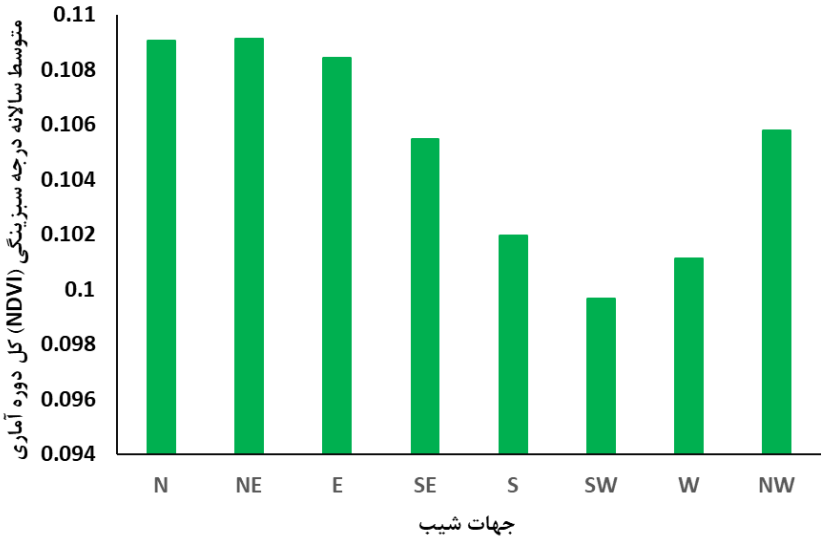
پایین‌ترین نرخ نمایهNDVI فصلی در تمامی جهات شیب زمین از آن زمستان به سبب خواب زمستانی گیاهان و کاهش شدید فعالیت فتوسنتزی و پس از آن مربوط به پاییز است که نشان‌دهنده پایان فصل رشد و شروع دوره خزان می‌باشد. کمینه مقادیرNDVI نیز مربوط به جهات غربی و جنوب‌غربی در زمستان است. الگوی بلندمدت، نشان از نمایه NDVI بالاتر در جهات و دامنه‌های رو به شمال‌شرقی و شمالی است که بیشینه درجه سبزینگی را در میانگین بلندمدت نشان می‌دهند. در مقابل، جهات و دامنه‌های رو به جنوب‌غربی و غربی، از شرایط معکوس و متفاوت برخوردار بوده و کمینه تراکم و درجه سبزینگی را نشان می‌دهند. در مجموع، نتایج این واکاوی، درجه سبزینگی و NDVI بالاتری را در جهات شیب شمالی تا شرقی نسبت به سایر جهات شیب گزارش می‌دهند (شکل ۲۳).

.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]



شکل ۲۲- الگوی میانگین توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی فصلی در جهات مختلف شیب



شکل ۲۳- الگوی میانگین سالانه توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در مقیاس زمانی بلندمدت در جهات مختلف شیب

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات پوشش گیاهی در ارتباط با مولفه‌های ناهمواری ارتفاعی در گستره جغرافیایی شمال‌غربی ایران زمین مورد واکاوی قرار گرفت. در این ارتباط، توزیع و پراکنش پوشش گیاهی با بهره‌گیری از نمایه NDVI در دوره ۲۰۰۳-۲۰۲۰ در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و بلندمدت و نیز تغییرات این نمایه در باندهای ارتفاعی مختلف، طبقات مختلف شیب و نیز جهات شیب زمین هسته اصلی پژوهش را تشکیل می‌داد. در همه بازه‌های زمانی تفاوت‌های آشکاری در مقادیر نمایه NDVI به پیروی از مولفه‌های ناهمواری ارتفاعی در اشکال مختلف توپوگرافیک پهنه مورد بررسی مشتمل بر توده‌های کوهستانی، دامنه‌ها و قلل مرتفع آنها، دشت‌ها و جلگه‌ها مشاهده شد. این موضوع با پژوهش (Jucker et al, 2018 و Moeslund et al., 2013) که معتقدند عناصر توپوگرافی مشتمل بر ارتفاع، شیب و جهت شیب در پراکنش پوشش گیاهی تاثیرگذار هستند مطابقت دارد. الگوهای رویشی ماهانه دوره سرد سال کاهش پوشش گیاهی از اکتبر (مهر) تا فوریه (بهمن) را نشان می‌دهد. کمینه نمایه NDVI در ماه‌های ژانویه (دی) و فوریه (بهمن) رخنمون یافته و این نمایه به سبب فقدان سبزینه، سردی هوا و توقف فصل رویش در فاز حداقلی قرار گرفته است. این موضوع با پژوهش‌های شاهزیدی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

(۱۴۰۲) و منتظری و کفایت‌مطلق (۱۳۹۷) همراهی و سازگاری نشان می‌دهد. در این ماه‌ها قلل و دامنه‌های مرتفع مشتمل بر سبلان، سهند، ارتفاعات غربی چهل چشمه و شاهو، قره داغ، قوشا داغ، بزقوش، طارم، سلطانیه، ماه نشان و تالش پوشیده از برف و عاری از پوشش گیاهی است و نمایه NDVI در حالت کمینه قراردارد. این در حالی است که در مارچ (اسفند) مقادیر نمایه NDVI از سطوح کم ارتفاع، دشت‌ها و جلگه‌ها به طرف دامنه‌های ارتفاعات آهنگ افزایشی دارد. الگوهای رویشی ماهانه دوره گرم سال از آپریل (فروردین) تا سپتامبر (شهریور) به سبب تقارن با دوره رویش گیاهی و اوج رشد آن و کشت و زرع نشان از افزایش محسوس تراکم پوشش گیاهی دارد. الگوی می (اردیبهشت) افزایش درجه سبزینگی را در مقایسه با آپریل (فروردین) نشان می‌دهد. بیشینه نمایه NDVI در این ماه به جلگه مغان، دشت اردبیل، دامنه‌های سبلان، دامنه شمالی کوهستان قره داغ (جنگل‌های ارسباران)، دشت‌های شمالی، جلگه‌های مرکزی و جنوبی آذربایجان غربی، دامنه‌های شرقی ارتفاعات غربی و ارتفاعات چهل چشمه، دامنه‌ها و دشت‌های غربی آن اختصاص دارد که دلیل آن را می‌توان در بهبود شرایط مراتع کوهستانی به سبب وجود دما و بارش مناسب در این دوره و افزایش فعالیت‌های کشت و زرع بویژه در سطوح هموار جستجو کرد. تراکم پوشش گیاهی در جولای (تیر) نسبت به جون (خرداد) کاهش اندکی دارد. الگوی فضایی بیشینه نمایه NDVI در این دو ماه همانند الگوهای آپریل (فروردین) و می (اردیبهشت) است؛ در عین حال، دامنه‌های سبلان و دامنه‌های غربی ارتفاعات غربی را نیز در بر می‌گیرد. پهنه‌های با بیشینه نمایه NDVI در ماه‌های اگوست (مرداد) و سپتامبر (شهریور) نیز تقریبا همانند دو ماه پیشین البته با گرایش به مقادیر بیشتر است. این موضوع می‌تواند به سبب امکان کشت و زرع بیشتر و فعالیت‌های آنتروپوژنیک در نواحی جلگه‌ای و دشت‌ها باشد. از نظر الگوی رویشی فصلی، تابستان بیشینه درجه سبزینگی و زمستان کمینه درجه سبزینگی را نشان می‌دهد که کاملاً با الگوی رشد گیاهی سازگاری و مطابقت دارد. در بازه بلندمدت، درجه سبزینگی از پهنه‌های مرتفع به سوی دامنه ارتفاعات، دشت‌ها و جلگه‌ها افزایش یافته است. در بخش دیگر، تغییرات الگوی انتشار و استقرار پوشش گیاهی بر اساس مؤلفه‌های ارتفاع، فرم‌شناسی شیب و جهت شیب مدنظر قرار گرفت. الگوی کلی تغییرات، کاهش شدید پوشش گیاهی در ارتباط با سنجه ارتفاع در تمامی ماههای سال نشان می‌دهد. کاهش تند و ناگهانی تراکم پوشش گیاهی از سطح زمین تا ارتفاع ۲۸۳ متر در تمامی ماه‌ها با توجه به الگوی توزیع ارتفاعی غالبا محدود به جلگه پست مغان که جولانگاه قشلاق ایلات و عشایر آذربایجان است به سبب استفاده از مراتع این قلمرو رخ داده است. در ادامه، همچنان تا ارتفاع ۱۲۸۳ متری، افت کلی درجه سبزینگی با افزایش ارتفاع توام با نوسان نمودی آشکار دارد. بیشینه نمایه NDVI به ترتیب مربوط به آوریل (فروردین) و می (اردیبهشت) است که با توجه به الگوی توزیع ارتفاعی جلگه پست مغان و غرب آن را شامل می‌شود. نمایه NDVI در طبقات ارتفاعی میانی در می (اردیبهشت تا جولای (تیر) در ارتباط با ارتفاع به سبب رشد گیاهان طبیعی و کشت و زرع افزایش و سپس از طیف‌های ارتفاعی میانی به سوی خط‌الراس و قلل مرتفع منطقه به شدت کاهش می‌یابد. کمینه نمایه NDVI با مقادیر صفر و منفی مربوط به ماه‌های اکتبر (مهر) تا مارچ (اسفند) منطبق بر دوره سرد و استقرار برف‌پوش و یخبندان زمستانه از ارتفاع ۲۱۸۳ متر به طرف طبقات ارتفاعی بالاتر و در ماه‌های آپریل (فروردین) و می (اردیبهشت) به سبب وجود همچنان برف‌پوش در قلل بسیار مرتفع ارتفاعات منطقه است. بیشینه درجه سبزینگی در بین فصول سال مربوط به بهار و تابستان است که با توجه به طیف ارتفاعی آن جلگه پست مغان و غرب آن را در بر می‌گیرد. نمایه NDVI در باندهای ارتفاعی میانی در این دو فصل که مصادف با دوره رویش گیاهی و اوج آن و کشت و زرع انسان محور است، افزایش و پس از آن به سوی بیشینه ناهمواری‌های منطقه کاهش شدید یافته است. کمینه درجه سبزینگی مربوط به زمستان و پاییز است که از ارتفاع ۲۴۸۳ متر در زمستان و ارتفاع ۳۹۸۳ متر در پاییز به سوی طبقات ارتفاعی فوقانی مقادیر صفر و منفی را که نشانه برف و یخبندان است در بر می‌گیرد.

این موضوع با پژوهش کاشانی و همکاران (۱۴۰۴) مبنی بر این که در پاییز، شمار روزهای برف‌پوشان در پهنه شمال‌غربی آهنگی افزایشی دارد و کماکان این شرایط تا زمستان در سطوح نسبتاً مرتفع و بسیار مرتفع وجود دارد مطابقت نشان می‌دهد. الگوی سالانه بلندمدت توزیع و پراکنش پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی نیز کاهش کلی نمایه NDVI از پهنه‌های پست و هموار به طرف ارتفاعات بالا را نشان می‌دهد. تحلیل ارتباط الگوهای ماهانه نوسانات رویشی با شیب زمین نشان از غالبا افزایش ملایم و توام با نوسان تراکم سبزینگی از شیب ۳ تا ۴۵ درجه دارد. دلیل این مسئله

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

می‌تواند خروج از قلمرو تخریب آنتروپوژنیک پوشش گیاهی باشد. در مقیاس فصلی نیز بیشینه NDVI مربوط به بهار و تابستان و کمینه این نمایه متعلق به زمستان و پاییز است. نوسانات نرخ نمایه NDVI از شیب ۴۵ درجه به طرف شیب‌های فوقانی‌تر را نیز می‌توان به پیچیدگی و تنوع بیشتر پوشش گیاهی و شرایط میکروکلیمایی محیطی در سطوح با شیب بیش از ۴۵ درجه مرتبط دانست. کاهش نمایه NDVI در شیب‌های کمتر از ۳ درجه می‌تواند مرتبط با استقرار پهنه‌های شهری و روستایی و قلمرو نفوذ آنها باشد. واکاوی تغییرات ماهانه نمایه NDVI را در جهات مختلف شیب زمین نشان داد که در بازه‌های ماهانه و فصلی نمایه NDVI در جهات شیب شمال تا شمال‌شرق (N, NE) افزایش و در وجوه شیب جنوب‌غرب و غرب (SW, W) کاهش یافته است. بیشینه مقادیر NDVI مربوط به جهت شمالی در ماه می و کمینه آن مربوط به جهت غربی در ژانویه است. بیشینه نمایه NDVI به ترتیب مربوط به وجوه شمالی و شمال‌شرقی در بهار و کمینه آن مربوط به جهات غربی و جنوب‌غربی در زمستان است. برای پژوهش‌های آتی تحلیل روند نمایه NDVI در باندهای مختلف ارتفاعی در این پهنه جغرافیایی و بررسی تغییرات دو نهاده مهم اقلیمی (بارش و دما) و ارتباط آنها با تغییرات پوشش گیاهی در این گستره با استفاده از داده‌های دورکاوی توصیه می‌شود.

منابع

حلبیان، ا، شائمی، ا، نوربخش، ع، ۱۴۰۲. تغییرات پویایی پوشش گیاهی در حریم داخلی و خارجی فعالیت‌های آنتروپوژنیک در زاگرس مرکزی، حفاظت زیست بوم گیاهان، ۲۳: ۱۷-۱

شاهزیدی، س، ۱۴۰۲. تحلیل ژئوآنتروپوژنیک پوشش گیاهی ارتفاعات تالش، جلگه‌ها و دشت‌های پیرامون، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۱: ۱۸۰-۱۵۲.

فرج زاده، م، کاوسی، م، ۱۳۹۳. ارزیابی و تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و تحلیل بردار تغییر (CVA) مطالعه موردی: کانون طوفان‌های گرد و غبار غرب ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۴: ۸۲-۶۹.

قنبری مطلق، م، امرایی، ب، ۱۳۹۹. آشکارسازی ارتباط زمانی - مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی، جغرافیا و پایداری محیط، ۵۵: ۵۵-۳۷.

کاشانی، ع، صلاحی، ب، حلبیان، ا، زینالی، ب، ۱۴۰۴، واکاوی روزهای برفپوشان در ارتباط با سنجه توپوگرافیکی ارتفاع در شمال غرب ایران، جغرافیا و روابط انسانی، ۱: ۴۵- ۳۱

میراحسنی، م، سلمان ماهینی، ع، صفیانیان، ع، محمدی، ج، مدرس، ر، جعفری، ر، پورمنافی، س، ۱۳۹۸. ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سری زمانی و آزمون من- کندال در حوضهٔ آبخیز گاوخونی، محیط‌شناسی، ۱: ۱۱۴-۹۹.

منتظری، م، کفایت‌مطلق، ا.ر، ۱۳۹۷. واکاوی میانگین بلندمدت پوشش گیاهی ایران به کمک نمایهٔ NDVI، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۷۱: ۱۴-۱.

کفایت‌مطلق، ا.ر، مسعودیان، س.ا، ۱۳۹۶، بررسی روند تغییرات نمایهٔ NDVI ایران در کمربندهای ارتفاعی، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی،س ۶۸: ۸۴-۷۱.

نیک‌پور، ن، نگارش، ح، فتوحی، ص، حسینی، ز، بهرامی، ش، ۱۳۹۷. پایش روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI) یکی از مهمترین شاخص های تخریب سرزمین (در استان ایلام). تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴: ۴۸-۲۱.

Ahmed, T., Singh, D. 2020. Probability density functions-based classification of MODIS NDVI time series data and monitoring of vegetation growth cycle, Advances in Space Research, 66 (4):873-886.

Allen, R.B., Peet, R.K. 1990. Gradient analysis of forests of the Sangre de Cristo Range. Colorado. Canadian Journal of Botany, 68: 193–201.

Bergera, A., Ettlinb, G., Quinckeb, C., Rodríguez-Boccab, P. 2019. Predicting the normalized difference vegetation index (NDVI) by training a crop growth model with historical data. Computers and Electronics in Agriculture, 161: 305-311.

Bai, Y., Broersma, K., Thompson, D. Ross, T.J. 2004. Landscape-level dynamics of grassland–forest transitions in British Columbia. Journal of Range Management, 55: 66–75.

Busing, R.T., White, P.S. Mckenzie, M.D. 1993. Gradient analysis of old spruce-fir forest of the Great Smokey Mountains circa 1935. Canadian Journal of Botany, 71: 951–958.

Chang, C.T., Lin, T.C., Wang, S.F., Vadeboncoeur, M.A. 2011. Assessing growing season beginning and end dates and their relation to climate in Taiwan using satellite data. International Journal of Remote Sensing, 32(18): 5035-5058.

Day, F.P. and Monk, C.D., 1974. Vegetation patterns on a Southern Appalachian watershed. Ecology, 55: 1064–1074.

Endress, B.A., and Chinea, J.D. 2001. Landscape patterns of tropical forest recovery in the

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

Vegetation Index. Remote Sensing, 2(6):1530-1548.

Lookingbill, T.R. and Urban, D.L. 2005. Gradient analysis, the next generation: towards more plant-relevant explanatory variables. Canadian Journal of Forest Research, 35: 1744–1753.

Lyon, J.G., Yuan, D., Lunetta, R.S., Elvidge, C.D. 1998. A change detection experiment using vegetation Indices. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 64: 143-150.

Morawitz, D. Blewett, T. Cohen, A. Alberti, M. 2006. Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget Sound. Environmental Monitoring and Assessment, 114(1): 85–106.

Marks, P.L. and Harcombe , P.A. 1981. Forest vegetation of the Big Thicket, southeast Texas. Ecological Monographs, 51: 287–305.

Miller, J.R., Turner, M.G., Smithwick, E.A.H., Dent, C.L, Stanley, E.H. 2004. Spatial extrapolation: the science of predicting ecological patterns and processes. Bioscience, 54: 310–320.

Moeslund, J. E., Arge, L., Bøcher, P. K., Dalgaard, T., Svenning, J. 2013 .Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity patterns. Nordic Journal of Botany, 31(2): 129–144.

Nelson A, Oberthür T, Cook, S. 2007. Multi-scale correlations between topography and vegetation in a hillside catchment of Honduras. International Journal of Geographical Information Science, 21 (2):145-174.

Oliver, M.A. Webster, R. 1986. Semi-variograms for modeling the spatial pattern of landform and soil properties. Earth Surface Processes and Landforms, 11: 491–504.

Piao, S., Cui, M., Chen, A., Wang, X., Ciais, P., Liu, J., Tang, Y. 2012. Altitude and temperature dependence of change in the spring vegetation green-up date from 1982 to 2006 in the Qinghai-Xizang Plateau. Agricultural and Forest Meteorology, 151(12): 1599-1608.

Rawat, J.S., Biswas, V, Kumar, M. 2013. Changes in land use/cover using geospatial techniques: a case study of Ramnagar town area, District Nainital, Uttarakhand, India, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 16: 111-117.

Republic of Palau. Biotropica, 33: 555–565.

Fang, X., Zhu, Q., Ren, L., Chen, H., Wang, K., Peng, C. 2018. Large-scale detection of vegetation dynamics and their potential drivers using MODIS images and BFAST: A case study in Quebec, Canada. Remote Sensing of Environment, 206: 391-402.

Gu, Y., Hunt, E., Wardlow, B., Basara, J. B., Brown, J. F., Verdin, J. P. 2008. Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma mesonet soil moisture data. geophys. Res. Lett. 35 (22), Wiley Online Library.

Guisan, A., zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling, 135: 147–186.

Hansen, A.J., Rotella, J.J., Kraska, M.P.V. Brown, D. 2000. Spatial patterns of primary productivity in the Greater Yellowstone ecosystem. Landscape Ecology, 15: 505–522.

Henebry, G.M. 1993. Detecting change in grasslands using measures of spatial dependence with Landsat TM data. Remote Sensing of Environment, 46: 223–234.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. Ferreira, L. G. 2002. Remote sensing for natural resources management and enviromental monitoring: Manual of remote sensing 3 Ed, 4, University of Arizona.

Jin, X., Wan, L., Zhang, Y., Hu, G., Schaepman, M.E., Clevers, J. G. P. W., Bob Su, Z. 2009. Quantification of spatial distribution of vegetation in the Qilian Mountain area with MODIS NDVI. International Journal of Remote Sensing, 30, No. 21: 5751–5766.

Johnson, E.A. 1981. Vegetation organization and dynamics of lichen woodland communities in the Northwest Territories, Canada. Ecology, 62: 200-215.

Jucker, T., Bongalov, B., Burslem, D.F., Nilus, R., Dalponte, M., Lewis, S.L., Phillips, O.L., Qie, L., Coomes, D.A. 2018. Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes. Ecology Letters, 21(7): 989-1000.

Khan, A., Alamgir, A., Fatima, N. 2025. Spatiotemporal analysis of land use and land cover changes, LST and NDVI in Thatta district, Sindh, Pakistan. Kuwait Journal of Science, 52(1): 1-9.

Li, A., Deng, W., Liang, S., Huang, C. 2010. Investigation on the patterns of global vegetation change using a Satellite-Sensed

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]

Bergaoui, K., Aouinti, H., Bellot, J., Andreu, J.M. 2022. Multi-year monitoring land surface phenology in relation to climatic variables using MODIS-NDVI time-series in Mediterranean forest, Northeast Tunisia, Acta Oecologica, 114: 2022, 103804.

Turner, C.L., Seastedt, T.R., Dyer, M.I., Kittel, T.G.F. Schimel, D.S. 1992. Effects of management and topography on the radiometric response of a tallgrass prairie. Journal of Geophysical Research, 97(D17): 18855–18866.

Weiser, R.L., Asrar, G., Miller, G.P., Kanemasu, E.T. 1986. Assessing grassland biophysical characteristics from spectral measurements. Remote Sensing of Environment, 20: 141–152.

Zhang, X., Friedl, M.A., Schaaf, C.B., Strahler, A.H., Hodges, J.C.F., Gao, F., Reed, B.C., Huete, A. 2003. Monitoring vegetation phenology using MODIS. Remote Sensing of Environment, 84(3): 471-475.

Zhong, L., Ma, Y., Salama, M.S., Su, Z. 2010. Assessment of vegetation dynamics and their response to variations in precipitation and temperature in the Tibetan Plateau. Climatic Change, 103(3):519-535.

Renza, D., Martinez, E., Molina, I., Ballesteros L, D.M. 2017. Unsupervised change detection in a particular vegetation land cover type using spectral angle mapper, Advances in Space Research, 59 (8): 2019-2031.

Rowhani, P., Linderman, M., Lambin, E.F . 2011. Global interannual variability in terrestrial ecosystems: sources and spatial distribution using MODIS-derived vegetation indices, social and biophysical factors, International Journal of Remote Sensing, 32(19):5393-5411.

Roy, B. 2021, Optimum machine learning algorithm selection for forecasting vegetation indices: MODIS NDVI & EVI, Remote Sensing Applications: Society and Environment, 23: 2021,100582.

Souza, A.A, Galvao, L.S, Santos, J.R. 2010. Relationships between Hyperion-derived vegetation indices, biophysical parameters, and elevation data in a Brazilian savannah environment. Remote Sensing Letters 1(1):55-64.

Stephenson ,.N.L. 1990. Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance , The American Naturalist , 135, No. 5: 649-670 (22 pages) , Published By: The University of Chicago Press

Tadono, T., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., Iwamoto, H. 2014. Precise global DEM generation by ALOS PRISM. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, II-4: 71-76.

Takaku, J., Tadono, T., Tsutsui, K. 2014. Generation of high – resolution global DSM from ALOS PRISM. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL- 4: 243-248.

Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L. Mondino, E.B. 2018. MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 64: 132-144.

Tiwari, R., Gupta, D. K., Chauhan, P.K., Singh, A. 2024. Long-term spatio-temporal vegetation dynamics to climate change in Koppen climatic regions of India, Earth Systems and Environment, 8: 1327–1346.

Touhami, I., Moutahir, H., Assoul, D.,

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-12]