

## Evaluation of the correlations of plant indices with atmospheric and biological variables using the Google Earth Engine

Maryam Heydarzadeh \* 

Corresponding Author Assistant Prof., Dept. of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Minab Higher Education Center, University of Hormozgan, Iran. E-mail: [m.heydarzadeh@hormozgan.ac.ir](mailto:m.heydarzadeh@hormozgan.ac.ir)

---

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 10.12.2022  
Revised: 04.09.2023  
Accepted: 04.28.2023

**Keywords:**  
EVI index,  
Google Earth Engine (GEE),  
Land surface temperature (LST),  
NDVI index,  
Soil moisture (SM)

---

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Natural vegetation cover is a crucial component of ecosystem change models and conservation efforts. The current research focuses on examining the spatial-temporal correlation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Enhanced Vegetation Index (EVI) with meteorological indicators such as precipitation (P) and the Multivariate Standardized Precipitation Index (MSPI); biological indicators such as evapotranspiration (ET) and soil moisture (SM); and soil indicators, specifically land surface temperature (LST), using satellite imagery from Google Earth Engine over the period of 2000-2021 in Hormozgan Province.

**Materials and Methods:** To evaluate the correlation between vegetation indices and climatic and biological variables, Google Earth Engine imagery was utilized. NDVI and EVI indices, evapotranspiration, and land surface temperature were extracted from 16-day Terra satellite images, and soil moisture (0-10 cm) from Soil Maps (Open Land Map) within the time frame of 01.01.2000 to 01.01.2022, using programming functions on a monthly basis. Precipitation and the MSPI drought index were obtained from a 22-year statistical dataset of weather stations. Using the Kriging spatial analysis method in ArcGIS, a precipitation spatial map was created. The PCA method was employed to calculate the drought index in different locations using SPSS software. Anomalies of vegetation indices were extracted to better understand their temporal changes over two decades. Correlation and trend analysis of parameters were conducted using the Spearman and Kendall methods.

**Results:** The Spearman correlation coefficient and the Kendall rank correlation coefficient between the NDVI and EVI indices were found to be significant at 0.84 and 0.67, respectively, at a 99% confidence level. The temporal distribution of vegetation indices showed that their annual and monthly variations corresponded to the amount of autumn cultivation. In the warm and dry climate of the province, most of the precipitation occurs from December to February. Consequently, the indices had their highest values during December, January, and February, coinciding with the agricultural planting and growth season. Results revealed that the spatial variation of vegetation indices was in line with regions with higher precipitation, riverbanks, agricultural lands, and orchards. A significant inverse relationship was observed between vegetation cover indices and land surface temperature, indicating an increase in vegetation cover with decreasing temperature, and vice versa. The suitable overlap of precipitation zones and the MSPI drought index with the spatial

---

---

distribution of vegetation indices, land surface temperature, and soil moisture indicated the determining role of precipitation in dry and semi-arid regions. Anomalies of indices indicated a weak positive correlation during the 1378-1389 period due to frequent and severe droughts. In the second decade (2011-2022), a strong and significant correlation was observed due to a decrease in drought intensity. According to the MSPI drought index, western, central, and some eastern parts of the province with the highest levels of drought and low precipitation had the lowest vegetation index values.

**Conclusion:** The extensive area of the region has led to a greater concentration of vegetation indices in certain areas. The highest values of NDVI and EVI are found in riverbank areas and water sources, which coincide with the agricultural centers in the plains of Rudan, Minab, Shamir, Takht, and some parts of Hajjiabad, which are geographically located in the northeastern and northern regions. An increase in any of the vegetation indices indicates an increase in their extent and abundance. However, a decrease in any of these indices results from the heterogeneous relationship between vegetation and climatic, soil, and land use factors in the region. The dynamic trend of vegetation cover and its relationship with other factors should be studied in the long term to establish a pattern. This study was conducted to the best of our abilities and with the available dataset. Long-term studies can be conducted by extracting empirical variables at the regional level and considering the impact of population growth on the region. The findings of this study can contribute to future research related to vegetation cover and its relationship with other factors, as well as nature conservation and resource allocation.

---

Cite this article: Heydarzadeh, Maryam. 2023. Evaluation of the correlations of plant indices with atmospheric and biological variables using the Google Earth Engine. *Journal of Water and Soil Conservation*, 30 (2), 1-26.




© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2023.20667.3584

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## ارزیابی همبستگی شاخص‌های گیاهی با متغیرهای جوی و بیولوژیکی با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین

مریم حیدرزاده\* 

نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، ایران. رایانامه: [m.heydarzadeh@hormozgan.ac.ir](mailto:m.heydarzadeh@hormozgan.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۰۱/۰۷/۲۰ تاریخ ویرایش: ۰۲/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۰۲/۰۲/۰۸</p> <p>واژه‌های کلیدی: دمای سطح زمین (LST)، رطوبت خاک (SM)، شاخص EVI، شاخص NDVI، گوگل ارث انجین (GEE)</p>	<p>سابقه و هدف: پوشش گیاهی طبیعی جزء حیاتی مدل‌های تغییر زیست‌بوم و اقدامات حفاظتی است. پژوهش حاضر به بررسی همبستگی مکانی- زمانی شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) و شاخص پوشش گیاهی بهبودیافته (EVI) با شاخص‌های جوی مانند بارش (P) و خشک‌سالی (MSPI)؛ شاخص بیولوژیکی مانند تبخیر و تعرق (ET) و رطوبت خاک (SM)؛ و شاخص خاک، پارامتر دمای سطح زمین (LST) به کمک تصاویر ماهواره‌ای در سامانه گوگل ارث انجین طی بازه زمانی ۱۳۷۸-۱۴۰۰ در استان هرمزگان می‌پردازد.</p> <p>مواد و روش‌ها: به منظور ارزیابی همبستگی شاخص‌های گیاهی با متغیرهای اقلیمی و بیولوژیکی از تصاویر سامانه گوگل ارث انجین استفاده شد. شاخص‌های NDVI و EVI، تبخیر و تعرق و دمای سطح زمین از تصاویر ماهواره‌ای Terra ۱۶ روزه و رطوبت سطح خاک (۰-۱۰ سانتی‌متر) از نقشه‌های خاک (Open Land Map)، طی بازه زمانی ۱۳۷۸/۱۰/۱۲ الی ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ با برنامه‌نویسی توابع برای منطقه به صورت ماهانه استخراج شد. بارش و شاخص خشک‌سالی MSPI به کمک آمار ۲۲ ساله ایستگاه‌ها تهیه شد. با روش زمین‌آمار کریگینگ نقشه هم‌بارش در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. با روش PCA خشک‌سالی شاخص در نقاط مختلف با نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید. به منظور درک بهتر تغییرات زمانی شاخص‌های گیاهی آنومالی آن‌ها طی دو دهه استخراج شد. همبستگی و روند تغییرات پارامترها با روش اسپیرمن و من- کندال محاسبه شد.</p> <p>یافته‌ها: ضریب همبستگی اسپیرمن و روندیابی روش من- کندال بین دو شاخص NDVI و EVI در سطح ۹۹ درصد به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۶۷ معنادار است. پراکنش زمانی شاخص‌های گیاهی نشان داد تغییرات سالانه و ماهانه آن‌ها با میزان کشت پاییزه مطابقت دارد. طبق اقلیم گرم و خشک استان بیش‌تر بارش‌ها مربوط به دی تا اسفندماه است. از این رو شاخص‌ها طی ماه‌های</p>

دی، اسفند و فروردین بیشترین مقادیر را داشته‌اند. این بازه منطبق با فصل کشت و برداشت محصولات کشاورزی است و گیاهان به عالی‌ترین مرحله رشد خود رسیده است. نتایج نشان داد تغییرات مکانی شاخص‌های گیاهی منطبق بر مناطق پربارش و حاشیه رودخانه‌ها و اراضی کشاورزی و باغی است. رابطه معکوس و معنادار بین شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین بیانگر افزایش پوشش گیاهی همراه با کاهش دما و برعکس است. همپوشانی مناسب پهنه‌های بارش و شاخص خشک‌سالی MSPI با توزیع مکانی شاخص‌های گیاهی و دمای سطح زمین و رطوبت خاک بیانگر نقش تعیین‌کننده بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. نتایج آنومالی شاخص‌ها نشان داد طی بازه ۱۳۷۸-۱۳۸۹ به دلیل وجود خشکسالی‌های مکرر و شدید همبستگی مثبت ضعیفی وجود دارد. در دهه دوم ۱۳۸۹-۱۴۰۰ به دلیل کاهش شدت خشکسالی، شاخص‌ها همبستگی قوی معناداری از خود نشان دادند. طبق نمودار شاخص خشکسالی MSPI مناطق غربی، مرکزی و بخش‌هایی در شرق با بیشترین مقادیر خشکسالی و کمبود بارش، پایین‌ترین مقدار شاخص‌های گیاهی را به خود اختصاص داده‌اند.

**نتیجه‌گیری:** گستردگی و وسعت منطقه سبب تمرکز بیش‌تر شاخص‌های پوشش گیاهی در برخی مناطق شده است. بیش‌ترین مقادیر NDVI و EVI در گستره حاشیه رودخانه‌ها و منابع آبی است. این مناطق منطبق با مراکز کشاورزی در دشت‌های رودان، میناب، شمیل و تخت و بخش‌هایی از حاجی‌آباد که از نظر جغرافیایی مناطق شمال شرقی و بخش‌هایی از شمال است. افزایش هر یک از شاخص‌های گیاهی بیانگر افزایش وسعت و فراوانی آن‌ها است. ولی کاهش هر یک به دلیل چندوجهی بودن ارتباط گیاه با عوامل جوی، خاکی و کاربری معرف ناهمگن شدن منطقه است. روند پویایی پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با سایر عوامل باید در درازمدت مورد مطالعه قرار گیرد تا یک الگو ایجاد شود. این مطالعه تاحدامکان و با توجه در دسترس بودن یک مجموعه داده انجام شده است. مطالعات بلندمدت را می‌توان با استخراج متغیرهای تجربی در سطح منطقه‌ای و به‌منظور تأثیر رشد جمعیت بر منطقه نیز انجام داد. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به مطالعات آتی مرتبط با پوشش گیاهی و ارتباط آن با سایر عوامل، حفاظت از طبیعت و تخصیص منابع کمک کند.

**استناد:** حیدرزاده، مریم (۱۴۰۲). ارزیابی همبستگی شاخص‌های گیاهی با متغیرهای جوی و بیولوژیکی با استفاده از سامانه گوگل ارث

انجین. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۳۰ (۲)، ۲۶-۱.

DOI: 10.22069/jwsc.2023.20667.3584



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

واکنش پوشش گیاهی به تنوع آب‌وهوا به‌ویژه در چارچوب تغییرات اقلیمی جهانی از اهمیت بالایی برخوردار است (۱ و ۲). پوشش گیاهی از طریق تعادل عوامل محیطی، سبب حفاظت و پایداری محیط‌زیست می‌شود. باتوجه‌به اهمیت پوشش گیاهی، پژوهش‌گران بسیاری بر شناخت رشد و الگوهای مکانی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف اقدام نموده‌اند (۳ و ۴). سنجش‌ازدور<sup>۱</sup> (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۲</sup> (GIS) توانایی کاربران برای مشاهده تغییرات پیچیده در سطح زمین را با تجزیه‌وتحلیل تصاویر و داده‌های جمع‌آوری‌شده از ماهواره‌ها بهبود بخشیده است. این انقلاب، تشخیص تغییرات مکانی و زمانی را در یک منطقه وسیع‌تر آسان‌تر نموده است (۵). به‌طور خاص، RS و GIS به دلیل کاربردهای مختلف خود در علوم زمین و مدیریت منابع طبیعی به‌خوبی شناخته شده‌اند (۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰). سنجش‌ازدور از تکنیک‌های مؤثر جهت کمی‌سازی اثرات اقلیم و توپوگرافی بر الگوهای مکانی پوشش گیاهی است (۱۱).

در میان شاخص‌های مختلف دورسنجی پوشش گیاهی، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI<sup>۳</sup>) مناسب‌ترین شاخص تفاضلی پوشش گیاهی برای بررسی توزیع و تغییرات پوشش گیاهی است (۱۲). شاخص<sup>۴</sup> EVI (شاخص پوشش گیاهی بهبودیافته) حساسیت را در مکان‌هایی با زیست‌توده بالا بهبود می‌بخشد درحالی‌که اثرات خاک و محیط را محدود می‌کند. نتایج پژوهش آلامومی و همکاران (۱۳) نشان می‌دهد که NDVI و EVI به‌شدت با یکدیگر همبستگی دارند. درحالی‌که چندین عامل

ممکن است منجر به مقادیر نادرست NDVI شود، EVI یافته‌های دقت بالاتری نسبت به NDVI ارائه می‌کند (۱۴). شاخص EVI با شاخص سطح برگ، زیست‌توده، پوشش تاج‌پوشش و کسری از تشعشعات فعال فتوسنتزی جذب‌شده همبستگی خوبی دارد (۱۵ و ۱۶). باتوجه‌به این ویژگی‌ها، طراحان مدل‌های زیستی از داده‌های EVI برای پیش‌بینی تولید اولیه خالص در برنامه‌های مدل‌سازی اکوسیستم استفاده می‌نمایند (۱۷). از دیدگاه Lanfredi و همکاران (۱۸)، شاخص NDVI برای شناسایی تنش پوشش گیاهی نیز قابل‌اعتماد است، زیرا در نتیجه تخریب پوشش گیاهی در سرزمین، ویژگی‌های پوشش گیاهی، مانند سلامت، تراکم و مانند آن تغییر عمده می‌یابد. شاخص NDVI می‌تواند معیاری عمومی برای بیان شرایط پوشش گیاهی بوده و سلامت گیاهان را تشخیص دهد، زیرا در اثر تخریب گیاه در اکوسیستم، مقدار NDVI نیز با کاهش سبزی‌نگی کاهش می‌یابد (۱۹).

Kyparissis و Levizou از شاخص EVI تصاویر سنجنده MODIS طی یک دوره ۲۱ ساله برای مطالعه چرخه پیچیده فنولوژیکی درختچه نیمه برگ‌ریز *Phlomis fruticosa* و همچنین برای شناسایی و مقایسه رویدادهای فنولوژیکی بین دو سایت مدیترانه‌ای با ریز اقلیم‌های مختلف استفاده نمودند. نتایج پژوهش ایشان بر اهمیت تمرکز بر یک‌گونه واحد و اطلاعات در مقیاس مکانی کوچک در ارتباط پاسخ‌های پوشش گیاهی به بحران آب‌وهوا تأکید می‌کند (۲۰).

سنجنده مودیس وظیفه مهمی در پایش و ارزیابی پوشش گیاهی داشته و به‌طور مؤثری وضعیت و فرایندهای بیوفیزیکی/ بیوشیمیایی سطوح گیاهی را توصیف می‌کند. تصاویر سری زمانی سنجنده مودیس، سری‌های زمانی جهانی کامل VI<sup>۱</sup> سنجنده‌های Terra

- 1- Remote Sensing
- 2- Geographic Information System
- 3- Normalized Difference Vegetation Index
- 4- Enhanced Vegetation Index

منطقه جنوب ایران استان هرمزگان و ۲) ارزیابی کمی روند آنومالی پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های EVI و NDVI و ۳) ارزیابی پویایی مکانی- زمانی شاخص‌های گیاهی NDVI و EVI با شاخص‌های جوی (بارش P و خشک‌سالی MSPI)، بیولوژیکی (تبخیر و تعرق ET و رطوبت خاک SM) و خاکی (دمای سطح زمین LST) طی دوره آماری ۲۲ (۲۰۰۰/۰۱/۰۱ الی ۲۰۲۲/۰۱/۰۱) ساله در استان هرمزگان است و تعیین این‌که آیا همبستگی معنی‌داری بین این شاخص‌ها و سایر عوامل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سامانه GEE وجود دارد.

### مواد و روش‌ها

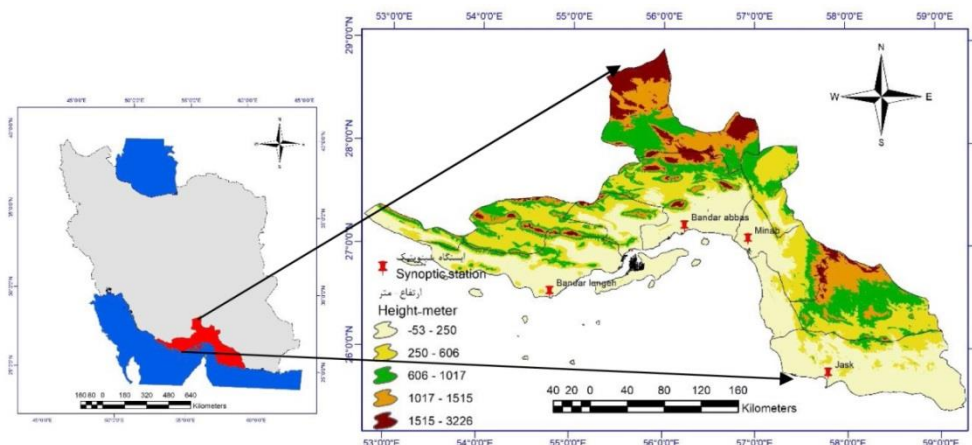
منطقه مورد مطالعه، استان هرمزگان بین عرض جغرافیایی ۲۴' ۲۵° تا ۵۷' ۲۸° شمالی و طول ۴۱' ۵۳° تا ۱۵' ۵۹° شرقی در جنوب ایران و در سواحل شمالی خلیج فارس قرار دارد (شکل ۱). مساحت کل استان ۶۸,۴۰۰ کیلومتر مربع و آب‌وهوای آن عمدتاً خشک و نیمه‌خشک است. از عوامل مهم اقلیمی در ناحیه ساحلی و جزایر استان بالابودن دما و درصد رطوبت نسبی، طولانی‌بودن دوره خشکی و بارندگی با شدت بالا است (۲۵). میزان بارندگی در ناحیه استپی و ساحلی به تقریب به طور متوسط در حدود ۱۵۰ میلی‌متر است. حداکثر مطلق دما تا ۵۰ سانتی‌گراد است به‌طور کلی نزولات جوی منطقه در فصل زمستان نازل می‌شود و در فصل تابستان به‌تناوب هر چند سال دارای نزولات تابستانی است. از ویژگی‌های رژیم بارندگی منطقه، شدت بالا و مقدار کم و تعداد روزهای بارش کم است. مساحت کل عرصه تیپ‌های گیاهی استان هرمزگان ۴۵۹۷۸۲۹ هکتار است که به ترتیب گروه‌های گیاهی *Zygophyllum atripolicoides* با ۷۳۰۳۱۲ هکتار، *Gymnocarpus decander* با ۵۹۹۹۴۱ هکتار و

Aqua و با دارابودن اطلاعات طیفی ارزشمند، قدرت تفکیک مکانی متفاوت (۲۵۰ متری، ۱ کیلومتری و ۰/۰۵ درجه) و قدرت تفکیک زمانی (۱۶ روزه و ماهانه) برای پاسخگویی به نیازهای جوامع پژوهشی و کاربردی در دسترس هستند (۲۱).

روش‌های آماری تحلیل سری زمانی شامل تحلیل روند، تحلیل تغییرات فصلی، دوره‌ای و نامنظم است. تحلیل روند عبارت است از تغییرات درازمدت در میانگین سری زمانی یا سیر طبیعی سری زمانی در درازمدت که در این صورت افت‌وخیزهای سری زمانی را نادیده گرفته، به نمای کلی آن توجه می‌کند. تعیین روند (افزایش، کاهش و بدون تغییر) تخریب پوشش گیاهی می‌تواند یکی از راهکارهای کمک به مدیریت پایش پوشش گیاهی باشد. روش‌های متفاوتی برای تعیین روند وجود دارند که به دو دسته روش پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند (۲۲، ۲۳، ۲۴). همان‌طور که اشاره شد، می‌توان روند تغییرات طیف پیکسل‌های پوشش گیاهی را برای شناسایی مناطق مستعد به تغییرات سریع، به کمک سنجش‌ازدور تعیین کرد. این رویکرد از طریق پایش تغییرات شرایط بوم‌شناسی به بهبود قابلیت‌های حفاظتی و نیز ارزیابی سودمندی مدیریت می‌انجامد، بدون آن‌که مزاحمت بیش‌تری (با استفاده از نمونه‌برداری میدانی) بر سرزمین وارد شود. باتوجه‌به اهمیت تغییرات پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک و متأثر بودن آن‌ها از متغیرهای جوی و خشک‌سالی‌ها، پایش و تحلیل میزان تأثیرپذیری و شرایط کمی و کیفی آن‌ها اهمیت به‌سزایی دارد. به‌طورکلی هدف از مطالعه حاضر: ۱) بررسی تغییرات زمانی- مکانی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر MODIS-Terra ۱۶ روزه و بر اساس شاخص‌های NDVI و EVI طی بازه زمانی ۱۳۷۸/۱۰/۱۲ الی ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ (۲۰۰۰/۰۱/۰۱ الی ۲۰۲۲/۰۱/۰۱) در

صخره‌ای، گنبد‌های نمکی با پوشش کم، اراضی فاقد پوشش و یا اراضی آبگیر و باتلاقی که در مجموع ۳۸۴,۸۰۳ هکتار است (۲۶).

*Hammada salicornica* با ۵۳۲۶۵۰ هکتار دارای بیش‌ترین سطح پراکنش در بین سایر گروه‌های گیاهی هستند. عرصه‌های فاقد پوشش و یا با پوشش گیاهی کم شامل اراضی مارنی، تپه‌های شنی، اراضی



شکل ۱- نمایی از موقعیت منطقه مورد مطالعه کشور ایران.

Figure 1. View of case study in Iran.

تصاویر ورودی در یک ضریب ۰/۰۰۰۱ ضرب می‌شود. بعد از اعمال این ضریب، تعداد تصاویر به ۱۸۰ کاهش یافت که این تصاویر دارای دو باند EVI و NDVI هستند. در ادامه با استفاده از برنامه‌نویسی توابع در گوگل ارث انجین، نقشه‌های میانگین، ماکزیمم و مینیمم تغییرات پوشش گیاهی در طول دوره آماری ۲۲ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۲) تهیه شد. NDVI به‌عنوان یک معیار قابل‌اعتماد برای سبزی و فعالیت پوشش گیاهی در نظر گرفته می‌شود (۲۷)، درحالی‌که EVI به‌عنوان یک شاخص بهینه برای غلبه بر محدودیت NDVI توسعه داده شده است. هر دو شاخص در محدوده -۱ تا +۱ هستند، نمرات منفی منابع آب را نشان می‌دهد، نمره مثبت نشان‌دهنده خاک برهنه و مناطق ساخته‌شده است. نمره بیش از ۰/۲ به‌عنوان پوشش گیاهی در نظر گرفته می‌شود، نمرات بالاتر نشان‌دهنده پوشش گیاهی سالم با محتوای کلروفیل بالا است (۲۸).

به‌منظور بررسی پویایی زمانی و مکانی شاخص‌های EVI و NDVI با پارامترهای جوی، بیولوژیکی و خاک متغیرهای بارش، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، دمای سطح زمین خشک‌سالی و پوشش گیاهی طی بازه زمانی ۱۳۷۸-۱۴۰۰ به کمک تصاویر ماهواره‌ای سامانه گوگل ارث انجین و داده‌های زمینی مورد بررسی قرار گرفت. رابطه میان شاخص‌ها با متغیرهای جوی، بیولوژیکی و خاک به کمک روش‌های آماری اسپیرمن و من کندانال مورد بررسی قرار گرفت. همچنین آنومالی هر یک از شاخص‌های گیاهی محاسبه شد.

برای این منظور از تصاویر ماهواره‌ای مودیس (MODIS/006/MOD13A1) ۱۶ روزه ماهواره Terra با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر استفاده شده است. با فراخوانی تصاویر مودیس طی بازه زمانی ۱۳۷۸/۱۰/۱۲ الی ۱۴۰۰/۱۰/۱۲ (۲۰۰۰/۰۱/۰۱ تا ۲۰۲۲/۰۱/۰۱) تعداد کل تصاویر ۵۰۳ است به کمک برنامه‌نویسی توابع، باندهای EVI و NDVI تمامی

استان تهیه شد. برای این منظور ابتدا ۲۸ ایستگاه با طول دوره آماری ۲۲ سال در سطح منطقه انتخاب گردید. بر مبنای داده‌های ماهانه، میانگین بارندگی طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۲ محاسبه شد. در نهایت با استفاده از روش زمین‌آمار کریگینگ عمومی<sup>۴</sup> نقشه هم‌بارش در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.3 استخراج شد (۳۲). سامانه GEE می‌تواند برای دسترسی به حجم بالای اطلاعات از تصاویر ماهواره بدون نیاز به دانلود تصاویر با حجم بالا و پردازش‌های پیچیده و زمان‌بر در نرم‌افزارهای سنجش‌زدور را در زمان کوتاهی فراهم کند (۳۳).

شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد شده چندمتغیره (MSPI) برخلاف روش SPI متداول که میانگین کلی (از ابتدای دوره آماری تا انتهای آن) را برای تفکیک دوره‌های تر و خشک در نظر می‌گیرد، حد آستانه بر اساس میانگین ماهانه است. همچنین، SPI اصلاح شده حاوی مفاهیم آماری بهتری است (۳۴). نیاز اولیه شاخص بارندگی استاندارد چندمتغیره (MSPI) تعدادی سری زمانی شاخص بارندگی استاندارد تعدیل شده (SPI<sub>mod</sub>) هر یک معرف یک مقیاس زمانی خاص، در یک ایستگاه معین است. در این مطالعه، SPI در ۴ مقیاس زمانی (۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماه) در پراکنش مناسبی از ایستگاه‌های استان (تعداد ایستگاه‌های مورد بررسی در غرب ۲ مورد، جنوب غربی ۲، شمال و مرکز ۳، شرق ۳ و جنوب شرقی ۲ ایستگاه) محاسبه گردید. در ادامه به منظور تجمیع الگوهای زمانی و مکانی خشک‌سالی برای ارزیابی کمیت خشک‌سالی منطقه‌ای از فن تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۵</sup> (PCA) استفاده شد که ابعاد مجموعه داده‌های SPI را کاهش می‌دهد. در پژوهش‌های مربوط به خشک‌سالی از PCA برای ارزیابی تحلیل مکانی و

پارامتر تبخیر و تعرق<sup>۱</sup> با استفاده از تصاویر MODIS/006/MOD16A2 ماهواره Terra ۱۶ روزه طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۴۰۰ محاسبه گردید. بررسی زمانی و مکانی تبخیر-تعرق MOD16A2 سنجنده مودیس، به دلیل توان تفکیک‌های مکانی و زمانی مناسب (به ترتیب ۵۰۰ متر و هفتگی) در مطالعات منطقه‌ای بسیار مناسب است به طوری که مطالعات بسیاری به بررسی تبخیر-تعرق واقعی MOD16 در مقیاس نقطه‌ای و منطقه‌ای در نواحی مختلف پرداخته‌اند (۲۹ و ۳۰). داده‌های تبخیر و تعرق محاسبه شده می‌بایست در ضریب ۰/۱ ضرب شود.

به منظور دستیابی به تغییرات کمی رطوبت در سطح خاک منطقه، از نقشه‌های خاک (Open Land Map) بر اساس داده‌های رقومی ماهواره‌ای ارائه شده در GEE استفاده شده است که به پیش‌پردازش‌ها و تصحیحات اولیه (هندسی، رادیومتریکی و...) نیازی ندارند و به صورت آماده برای پردازش عرضه شده‌اند. فاکتور رطوبت خاک سطحی تا عمق ۱۰ سانتی‌متر (SoilMoi00\_10cm\_tavg) نیز به کمک تصاویر NASA/FLDAS/NOAH01/ C/GL/ ) FLDAS<sup>۲</sup> (M/V001) طی بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۲ برای منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید (۳۱).

فاکتور بعدی، دمای سطح زمین<sup>۳</sup> (LST) با استفاده از سنجنده MOD11A2.006 و ماهواره Terra ۸ روزه طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۲ محاسبه گردید. البته خروجی این ماهواره بر اساس دمای کلونین بوده که حتماً باید خروجی داده‌ها در ضریبی ۰/۰۲ ضرب شده سپس تبدیل مقیاس از کلونین به سانتی‌گراد انجام گردد. فاکتور بارش به عنوان یکی از تأثیرگذارترین عوامل اتمسفری به کمک آمار ایستگاه‌های فعال در

4- Kriging Ordinary

5- Principal Component Analysis

1- Total evapotranspiration

2- Famine Early Warning Systems Network (FEWS NET) Land Data Assimilation System

3- Land Surface Temperature



$$EVI_{An} = \frac{EVI_{max\ i} - \overline{EVI}}{EVI_{max}} \quad (1)$$

در این رابطه،  $EVI_{An}$  آنومالی  $EVI$ ،  $EVI_{max\ i}$  مقدار حداکثر  $EVI$  پیکسل در هر سال،  $\overline{EVI}$  میانگین  $EVI$  پیکسل،  $EVI_{max}$  میانگین مقادیر حداکثر  $EVI$  در طول دوره آماری است (۳۲).

آزمون من-کندال<sup>۱</sup> نخست توسط (Mann, ۱۹۴۵) بر اساس معنادار بودن ضریب همبستگی تاو کندال ( $\tau$ ) ارائه و سپس توسط (Kendall, ۱۹۷۵) توسعه یافت. این آزمون یکی از آزمون‌های مهم برای یافتن روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. از مزایای این روش اثرپذیری کم از مقادیر حدی است. ضریب همبستگی، میزان ارتباط بین دو سری از متغیرها را اندازه‌گیری می‌کند تا مشخص شود که آیا متغیر اول با افزایش متغیر دوم افزایش یا کاهش می‌یابد یا این‌که الگوهای تغییر آن‌ها در ارتباط با هم نیست. این روش به صورت گسترده‌ای برای روندیابی سری‌های زمانی به کار برده می‌شود (متغیر  $X$  به‌مانند زمان برای آزمون روند است). به‌طور کلی، برای تعیین روندهای یکنواخت داده‌های با توزیع غیرنرمال براساس رتبه‌بندی از آزمون آماری من کندال استفاده می‌شود. آزمون من کندال علاوه بر وجود روند، نوع روند به وقوع پیوسته را نیز مشخص می‌کند. از این رو جهت تعیین همبستگی و روندیابی به ترتیب از روش‌های اسپیرمن و من-کندال در نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۶ استفاده شد (۳۹).

### بحث و نتایج

تغییرات سالانه و ماهانه شاخص‌های NDVI و  $EVI$  در طول دوره مورد مطالعه (۲۰۰۰-۲۰۲۲) در شکل ۲ نشان داده شده است. طبق شکل هر دو شاخص از روندی صعودی و نزولی برخوردارند. در

زمانی خشک‌سالی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف استفاده شده است (۳۵ و ۳۶). بر اساس یافته‌های Wilks, PCA قادر است چندین متغیر را به اجزای مهم کم‌تری خلاصه کند (۳۷).

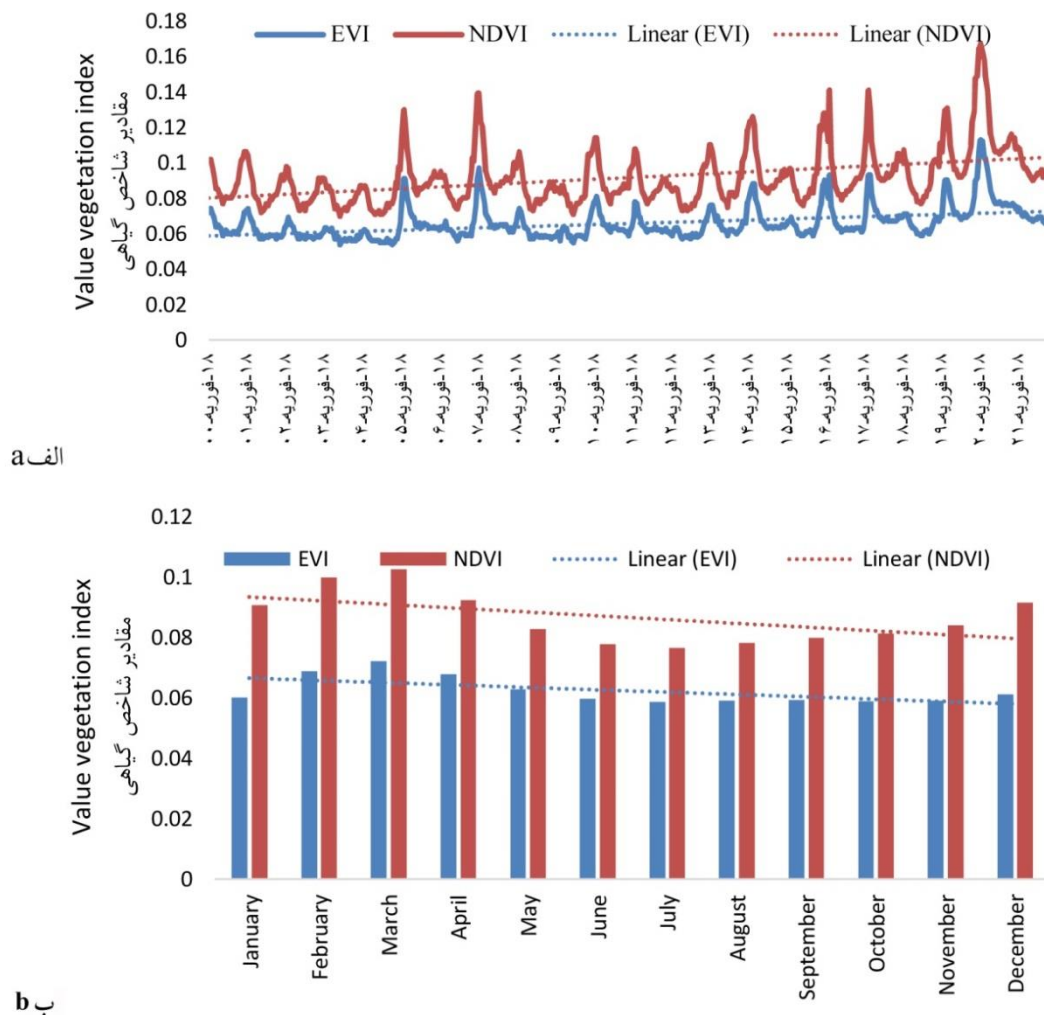
به منظور آشکارسازی تغییرات زمانی  $EVI$  در هر مکان (پیکسل)، ابتدا از توابع گوگل ارث انجین استفاده شد که در آن زمان متغیر مستقل و شاخص  $EVI$  متغیر وابسته است. سپس شیب تغییرات متغیر وابسته در متغیر مستقل زمان اعمال گردید (۳۸).

هرگاه تغییرات یک پارامتر را نسبت به یک مرجع زمانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد آنومالی نامیده می‌شود. برای این منظور متغیری تعریف نموده و طی آن تصاویر مودیس ماهواره Terra فراخوانی شد. سپس تمامی تصویر بازه زمانی ۱۳۷۸/۱۰/۱۲ الی ۱۳۸۹/۱۰/۱۱ (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱/۰۱/۰۱) فراخوانی شده و میانگین آن‌ها برای شاخص  $EVI$  محاسبه می‌گردد. این بازه به عنوان مرجع یا مبنا در نظر گرفته شد. حال به کمک کدنویسی توابع، تک تک تصاویر بازه زمانی ۱۳۸۹-۱۴۰۰ (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲) از میانگین بازه زمانی مرجع (تصویر میانگین ۲۰۰۰/۰۱ - ۲۰۱۱/۰۱) کم شد. سپس یک نقشه مجموع آنومالی برای کل بازه زمانی دهه دوم تهیه شد. نتیجه این تابع آنومالی بررسی تغییرات شاخص  $EVI$  طی دهه دوم ۱۳۸۹-۱۴۰۰ (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲) نسبت به دهه اول ۱۳۷۸/۱۰ الی ۱۳۸۹/۱۰ (۲۰۰۰-۲۰۱۱) است. طبق تصویر آنومالی پیکسل‌هایی که دارای مقادیر مثبت، منفی و صفر به ترتیب نسبت به دهه اول دارای روند افزایشی، کاهشی و بدون تغییر قابل توجه در شاخص  $EVI$  بوده‌اند.

از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی ( $EVI$ )، می‌توان وضعیت پوشش گیاهی را از طریق محاسبه آنومالی  $EVI$  برای هر پیکسل با استفاده از رابطه ۱، محاسبه کرد.

شاخص گیاهی به ترتیب ۰/۰۷ و ۰/۰۵۴ مربوط به ماه جولای (تیرماه) ۲۰۰۳ بوده است. نکته قابل توجه این است که مقادیر حداکثر و حداقل هر دو شاخص از نظر زمانی با هم تطابق دارد. باتوجه به شرایط آب‌وهوایی استان هرمزگان، طبق یافته‌های نوحه‌گر و همکاران (۴۰) طی سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ در استان خشکسالی شدیدی حاکم بوده است.

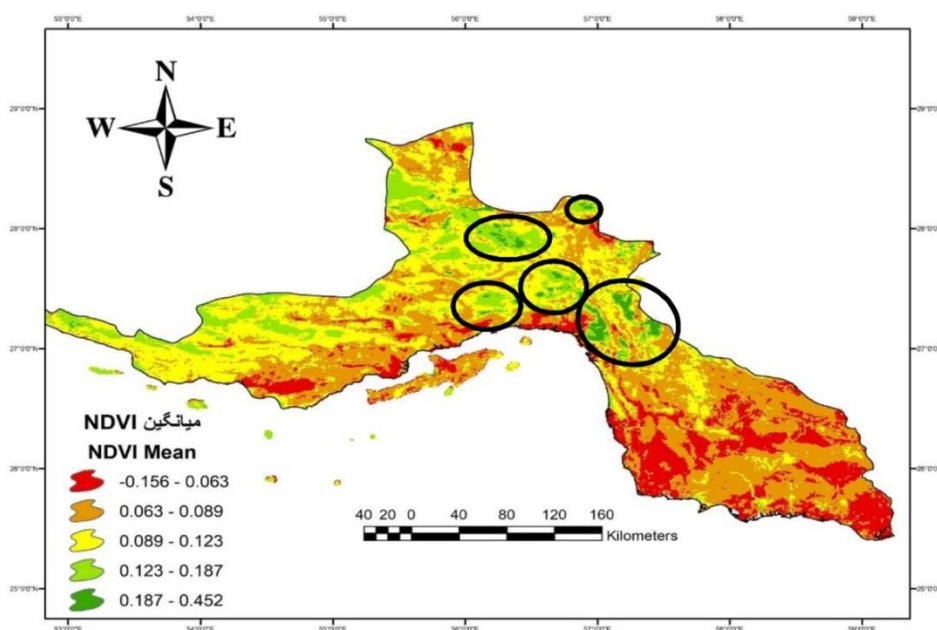
این دوره زمانی ضریب همبستگی اسپیرمن و روندیابی بر اساس روش من-کندال بین دو شاخص NDVI و EVI در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۶۷ است. طبق قسمت الف شکل، روند نوسانات هر دو شاخص نشان داد طی سال‌های مختلف رفتار سینوسی داشته‌اند. بیش‌ترین مقادیر NDVI و EVI به ترتیب ۰/۱۶۷، ۰/۱۱۳ مربوط به ماه فوریه (بهمن‌ماه) ۲۰۲۰ و کم‌ترین مقادیر این دو



شکل ۲- روند تغییرات سالانه (الف) و میانگین ماهانه (ب) شاخص‌های EVI و NDVI در طول بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۲. Figure 2. Annual changes (a) and monthly average (b) of EVI and NDVI indices during the period 2000-2022.

نشان می‌دهند که منطبق با رشد گیاهان است. از طرفی طبق یافته‌های Zhang و Zhe (۲۷)؛ NDVI معیاری برای فعالیت پوشش گیاهی و EVI به‌عنوان یک شاخص بهینه برای غلبه بر محدودیت NDVI توسعه داده شده، می‌توان شاخص EVI را ملاکی برای مناطقی با زیست‌توده بالای پوشش گیاهی در نظر گرفت. بر اساس این شاخص، ماه‌های دی، اسفند و فروردین به‌طور متوسط در طول ۲۲ سال مورد بررسی، مقادیر بیشتری نسبت به روند ماهانه داشته است. این بازه زمانی منطبق با فصل کشت و برداشت محصولات کشاورزی استان است و گیاهان به عالی‌ترین مرحله رشد خود رسیده است.

طبق شکل ۲ قسمت ب، روند تغییرات ماهانه نشان‌دهنده شده است. بر اساس این شکل حداکثر پوشش گیاهی در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده اوج فصل رویشی در استان است. همچنین می‌تواند بیانگر این مطلب که حداکثر پوشش گیاهی استان هرمزگان مربوط به کشت پاییزه و سایر پوشش‌های طبیعی مانند مراتع و جنگل‌های با پوشش کم، با توجه به اقلیم منطقه و افزایش میزان بارش‌ها در این ماه‌ها است. اگر چه فصل کشت از مهرماه شروع می‌شود و گیاهان در بازه زمانی ۲ ماهه به حداکثر رشد خود می‌رسند، شاخص‌های NDVI و EVI هم طی بازه زمانی سپتامبر تا نوامبر (مهر تا آذر) کم‌کم روند افزایشی را



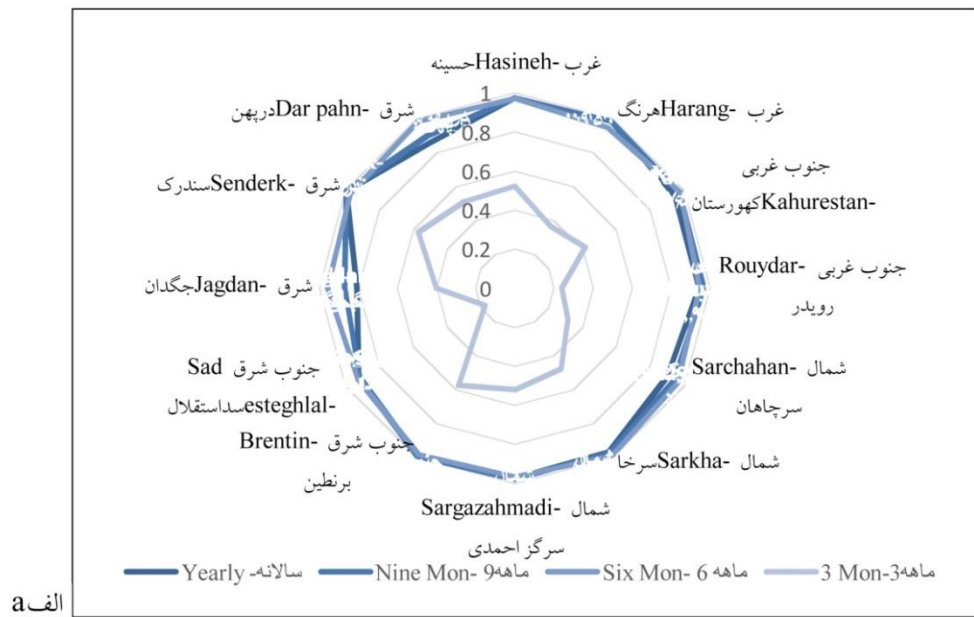
شکل ۳- میانگین تغییرات سالانه پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI.  
 Figure 3. Average annual changes in vegetation cover based on the NDVI index.

شکل ۳، شاخص NDVI در قسمت‌های مرکز و شمال شرقی و در مناطق شرق و جنوب غربی به‌ترتیب حداکثر و حداقل مقادیر را نشان می‌دهد. مناطق مرکز و شمال شرقی دارای مقادیر NDVI

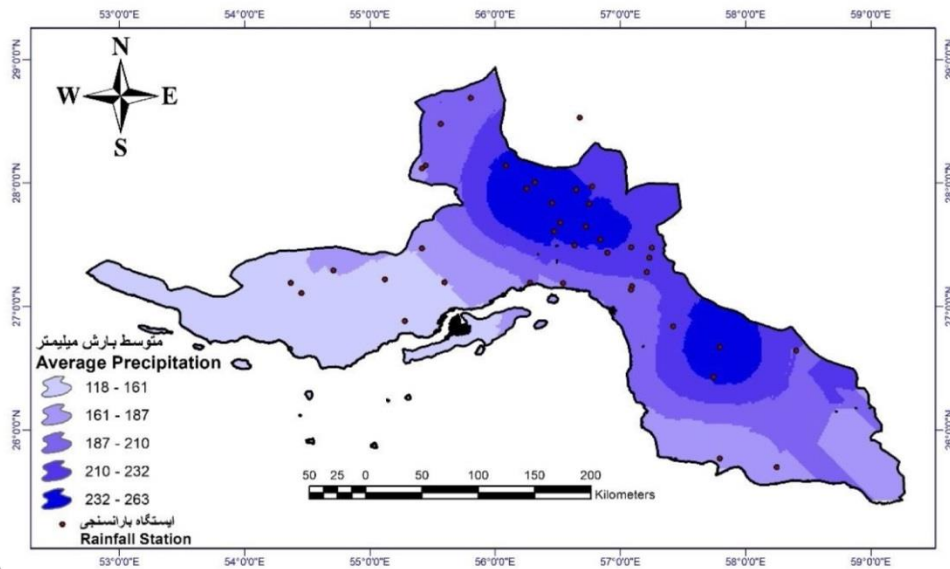
طبق شکل ۳ می‌توان میانگین تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI سالانه را طی ۲۲ سال گذشته شناسایی نمود. شاخص NDVI بسته به نوع پوشش گیاهی و فاز رشد می‌تواند متفاوت باشد (۴۱). طبق

در دشت میناب، رودان، تخت و ایسین واقع شده است که بیش‌ترین زمین‌های کشاورزی استان را به خود اختصاص داده است.

بالای ۰/۱۹ را به خود اختصاص داده است که شامل دشت‌های کشاورزی و باغات غالب استان است. مقادیر NDVI بیش‌تر از ۰/۳ به‌طور گسترده در حاشیه رودخانه و منابع آبی پراکنده است. این مناطق



الف



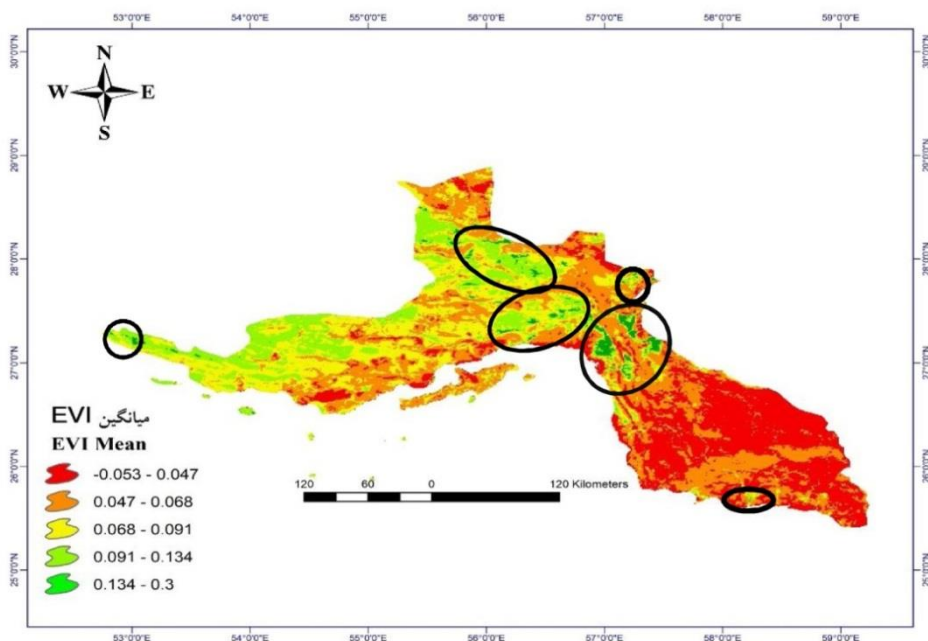
ب

شکل ۴- پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی منطقه بر اساس شاخص MSPI (الف)، پهنه‌بندی بارش منطقه مورد مطالعه (ب).

Figure 4. Zoning of the drought condition of the region based on the MSPI index (a), precipitation zoning of the studied area (b).

می‌نماید. در مجموع، بیش‌ترین مطابقت شدت خشکی MSDI در شرق استان و هریک از مجموعه‌های انتخابی مقیاس‌های زمانی SPI، برای دوره ۱۲ ماهه و کم‌ترین آن ۳ ماهه به دست آمد. البته بر اساس پهنه‌بندی شاخص پوشش گیاهی NDVI شرق استان دارای مقادیر کم‌تر از ۰/۱۲۵ است. مناطق مرطوب استان با مقادیر NDVI بیش از ۰/۱۹ شامل دشت‌های کشاورزی و باغات استان است. از طرفی طبق نقشه پهنه‌بندی بارش (شکل ۴، ب) طی یک دوره ۲۲ ساله NDVI (۱۳۷۸-۱۴۰۰) مناطق پربارش با محدوده NDVI حداکثر هم‌پوشانی نسبتاً مناسبی دارد.

بر اساس شکل ۴ قسمت الف، پهنه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص MSPI با ۴ مقیاس زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه و در سطح استان ترسیم شده است. بر اساس این شکل بیش‌ترین همبستگی مربوط به مقیاس زمانی ۱۲ ماهه در تمامی سطح استان به جز دو ایستگاه جگدان و درپهن به ترتیب با مقدار ۰/۸ و ۰/۸۶ است. ایستگاه جگدان و درپهن در شرق استان در مقیاس ۶ ماهه بیش‌ترین همبستگی به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۹۷ را نشان می‌دهد. دلیل این امر می‌تواند کمبود منابع رطوبتی در منطقه شرق باشد که شدت خشکسالی را در مقیاس زمانی کوتاه‌تر آشکار



شکل ۵- میانگین تغییرات سالانه پوشش گیاهی بر اساس شاخص EVI.

Figure 5. Average annual changes of vegetation based on EVI index.

منطبق با زمین‌های کشاورزی در دشت‌های رودان، میناب، شمیل و تخت و ایسین است. کم‌ترین مقادیر شاخص EVI (۰/۰۵۳- تا ۰/۰۴۷) مربوط به مناطق شرق و جنوب شرقی است که در شکل ۵ به خوبی نشان داده شده است. اکثریت منطقه دارای مقادیر EVI ۰/۰۵۳- تا ۰/۰۹۱ است. هم‌چنین مقدار EVI بیش‌تر از ۰/۳ در منطقه وجود ندارد. شکل ۴ قسمت الف

شکل ۵ میانگین تغییرات شاخص گیاهی تقویت شده (EVI) سالانه طی یک دوره ۲۲ ساله نشان می‌دهد. طبق شکل ۵، تغییر جزئی شاخص گیاهی EVI، کاهش و افزایش اندکی را در مناطق رودخانه‌ای استان نشان می‌دهد. مقادیر EVI از ۰/۱ تا ۰/۳ بیش‌ترین پراکندگی را در گستره رودخانه‌ها و منابع آبی دارد. همانند شاخص NDVI این مناطق

جگین در این محدوده است که باعث روند تغییرات مثبت میانگین پوشش گیاهی محدود در اطراف سد و پایین‌دست آن است. یافته‌های آلامومی و همکاران (۱۳) نشان می‌دهد که NDVI و EVI به شدت با یکدیگر همبستگی دارند. سطح همبستگی بین NDVI و EVI و سایر پارامترها در جدول ۱ آمده است. ضریب همبستگی اسپیرمن بین این دو پارامتر ۰/۸۴ در سطح ۹۹ درصد است که بیان‌کننده همبستگی بالا است.

پهنه‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص MSPI را در استان نشان می‌دهد. بر اساس این تصویر مناطقی با مقادیر EVI کم‌تر از ۰/۱ با پهنه‌های خشکی استان نیز همخوانی دارد. هم‌چنین پهنه‌هایی با شرایط مرطوب، همپوشانی مناسبی با مناطق دارای EVI بیش‌تر از ۰/۱ تا ۰/۳ دارد (قسمت ب، نقشه بارش). در این میان منطقه‌ای کوچک در جنوب شرقی دارای مقادیر ۰/۰۱ تا ۰/۱ شاخص EVI است. دلیل این امر وجود سد

جدول ۱- ضریب و ماتریکس همبستگی به روش‌های اسپیرمن و من کندال.

Table 1. Coefficient and correlation matrix by Spearman and Mann Kendal methods.

دمای سطح زمین LST	رطوبت خاک (۰-۱۰) Soil Moisture (0-10)		تبخیر و تعرق Evapotranspiration		بارش Precipitation		NDVI		EVI			
	اسپیرمن	من کندال	اسپیرمن	من کندال	اسپیرمن	من کندال	اسپیرمن	من کندال	اسپیرمن	من کندال		
									1	1	EVI	
								1	1	0.84**	0.67**	NDVI
					1	1	0.50	0.32	0.51	0.33	بارش Precipitation	
				1	1	0.36	0.27	0.02	0.004	0.1	0.07	تبخیر و تعرق Evapotranspiration
		1	1	-0.1	-0.69	0.40	0.28	0.004	0.01	-0.014	-0.01	رطوبت خاک (۰-۱۰) Soil Moisture (0-10)
1	1	-0.07	-0.05	-0.38**	-0.24**	-0.15	-0.07	-0.16**	-0.11**	-0.13*	-0.09*	دمای سطح زمین LST

\* و \*\* به ترتیب نشان‌دهنده همبستگی در سطح ۵ و ۱ درصد است

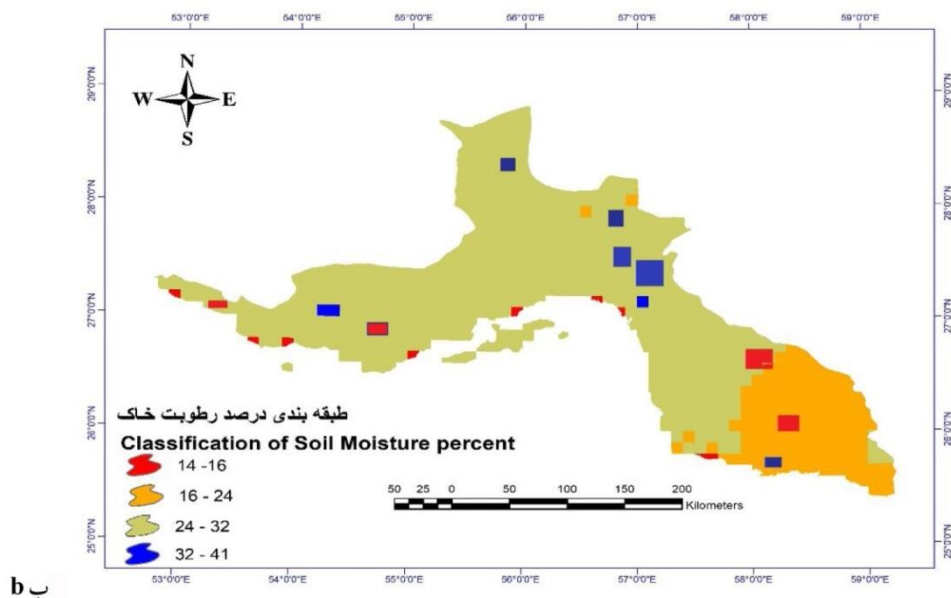
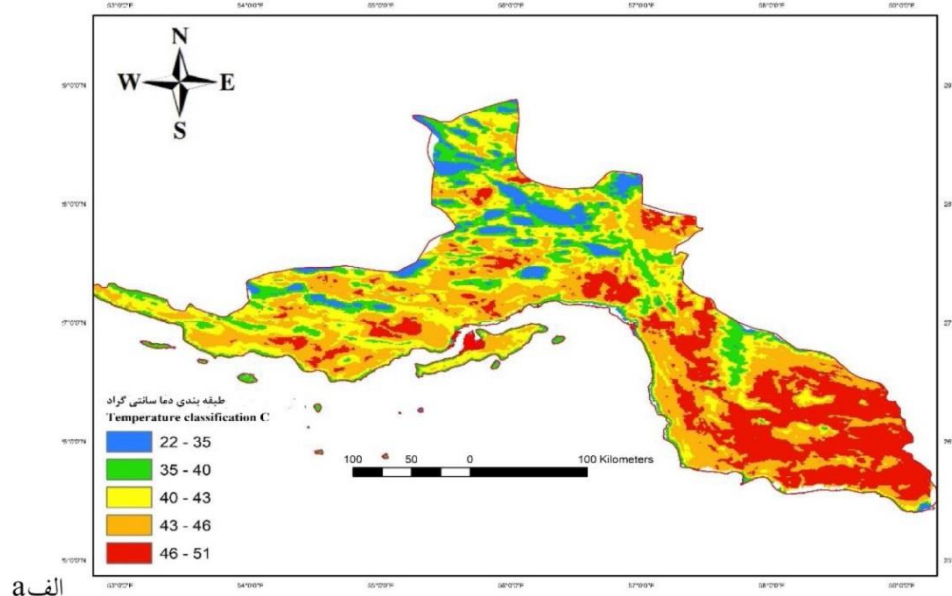
\* and \*\* Significant at  $P \leq 0.05$  and  $P \leq 0.01$  respectively

بین NDVI و تبخیر و تعرق ۰/۱ است که نشان‌دهنده همبستگی بسیار ضعیف و مثبت آن‌ها است. افزایش NDVI ارتباط ضعیفی با تبخیر و تعرق دارد. همبستگی بین EVI و تبخیر و تعرق ۰/۱ است که این نیز نشان‌دهنده همبستگی مثبت و ضعیف آن‌ها با یکدیگر است. بر اساس جدول روندی بین دو

تبخیر انتقال فاز بین آب و بخار است. تعرق تبخیر آبی از سطوح گیاهی است که از خاک از میان گیاه عبور کرده است (۴۲). شکل ۷ (الف) رابطه متناسب بین NDVI و تبخیر و تعرق را نشان می‌دهد. گیاهان سالم نسبت به گیاهان ناسالم میزان تبخیر بیش‌تری دارند. بر اساس جدول ۱، ضریب همبستگی اسپیرمن

هستند به طوری که افزایش دمای سطح زمین منجر به کاهش میزان تبخیر و تعرق است. همبستگی بین بارش و تبخیر و تعرق ۰/۳۶ است که نشان‌دهنده همبستگی متوسط مثبت است؛ ولی روندی بین این دو وجود ندارد.

شاخص گیاهی و تبخیر وجود ندارد. میزان ضریب همبستگی بین LST و تبخیر و تعرق ۰/۳۸- در سطح ۹۹ درصد است که نشان‌دهنده همبستگی متوسط و منفی است البته بر اساس روش من- کندال با مقدار ۰/۲۴- دارای روند منفی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار



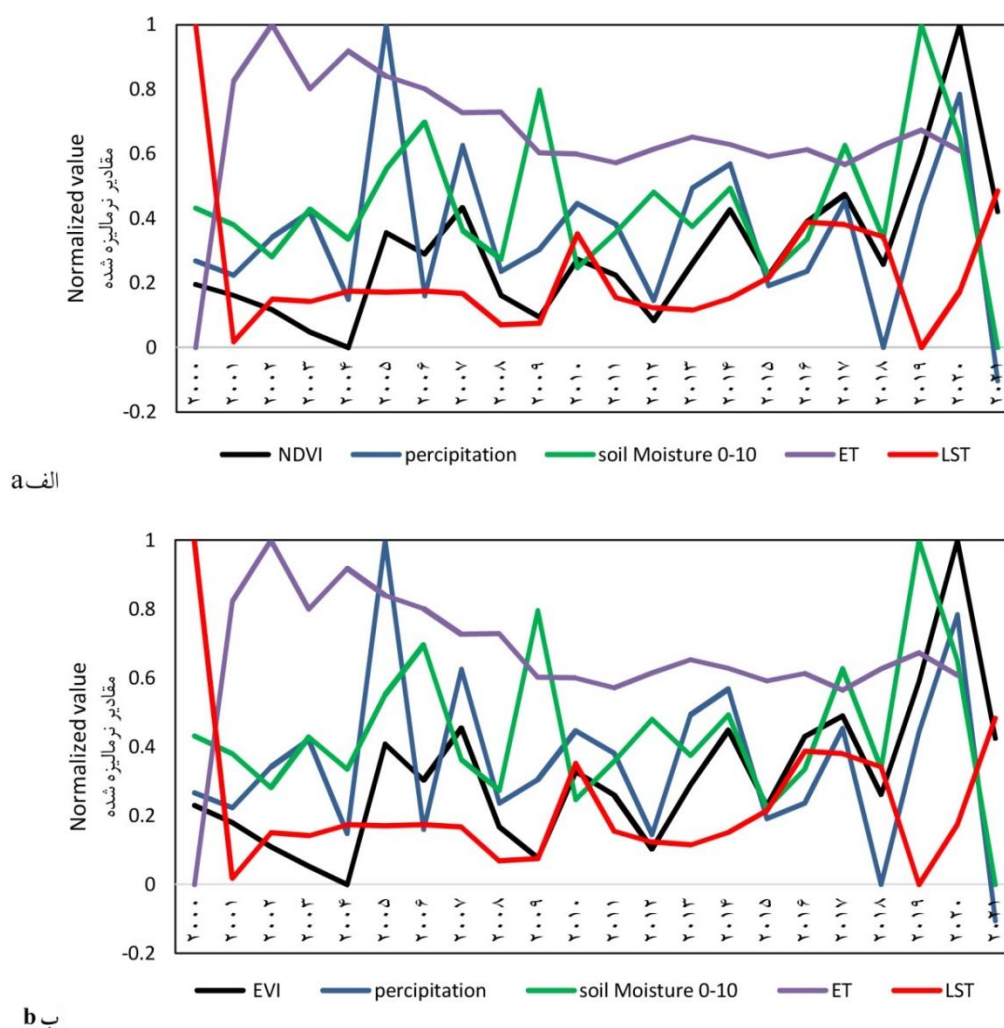
شکل ۶- کلاس‌های دما بر اساس سانتی‌گراد (الف) و طبقه‌بندی درصد رطوبت خاک (ب).

Figure 6. Temperature classes based on Celsius (a) and soil moisture classification percent (b).



همبستگی متوسط مثبت است. همبستگی بین بارش و تمامی پارامترها به جز دمای سطح زمین، مثبت و نسبتاً متوسط است. LST و بارش با ضریب  $-0/15$  دارای همبستگی منفی و ضعیفی هستند. افزایش LST همراه با کاهش بارندگی نشان‌دهنده همبستگی معکوس بین آنهاست. در این میان روند معنی‌داری بین بارش و هر یک از پارامترها وجود ندارد.

تنوع بارندگی عامل آب‌وهوایی است که شرایط استفاده از آب و استرس را ایجاد می‌کند که برای خدمات اکوسیستم از طریق بهره‌وری مهم است (۴۲). NDVI همبستگی مکانی قابل‌توجهی با بارش داشت (طبق شکل ۳ و ۴ قسمت ب). در شکل ۷ رابطه بین بارش و NDVI و EVI قابل‌مشاهده است. بر اساس جدول ۱، ضریب همبستگی اسپیرمن بین بارش و EVI و NDVI به ترتیب  $0/51$  و  $0/5$  است که بیانگر



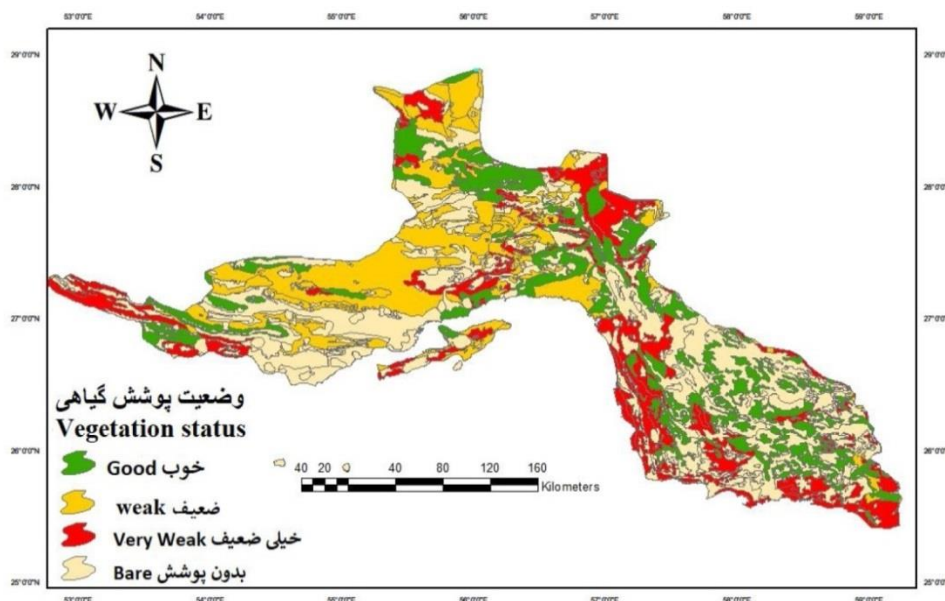
شکل ۷- مقادیر نرمال شده شاخص NDVI (الف) و EVI (ب) در مقایسه با سایر فاکتورها.

Figure 7. Normalized values of NDVI index (a) and EVI (b) compared to other factors.



رابطه معکوس و منفی به ترتیب در سطح ۹۹ و ۹۵ درصد معنی‌دار هستند. این پارامتر با تبخیر و تعرق و NDVI به ترتیب با مقادیر من- کندال ۰/۲۴ و ۰/۱۱ دارای روندی منفی در سطح ۹۹ درصد و با شاخص EVI با مقدار من-کندال ۰/۰۹- در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. هم‌چنین به‌منظور بررسی تأثیر دما، نقشه پوشش گیاهی استان (شکل ۸) طی بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰ با استفاده از داده‌های سازمان برنامه‌ریزی استان در نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد. طبقه‌بندی وضعیت پوشش گیاهی بر اساس میزان تراکم به مراتع با ۰-۲۶٪، ۲۶-۵۰٪، ۵۰-۷۵٪ و ۷۶-۱۰۰٪ پوشش گیاهی به ترتیب مراتع خیلی ضعیف، ضعیف، خوب و عالی از پوشش نامیده می‌شوند (۴۲ و ۴۳).

بررسی دمای سطح زمین LST نشان داده است اگرچه LST به شدت تحت تأثیر دمای سطح هوا قرار می‌گیرد، اما سطوح نگهدارنده گرما یا سطوح بازتابنده حرارت را شناسایی می‌کند. LST دماهای بیش‌تری را نشان می‌دهد و گرمای بیش‌تری را نسبت به سطح زمین در مکان‌هایی با فعالیت انسانی قابل‌توجه به دلیل توسعه سطوح غیرقابل‌نفوذ منعکس می‌کند. در شکل ۶ (الف)، پهنه‌بندی میانگین تغییرات سالانه دما در کل استان را نشان می‌دهد. هم‌چنین شکل ۷، میانگین تغییرات سالانه LST در مقایسه با سایر فاکتورها را نشان می‌دهد که میانگین LST سالانه بازه زمانی ۲۲ سال کاهش سپس افزایش یافته است. این فاکتور در مقایسه با شاخص‌های گیاهی NDVI و EVI به‌ترتیب با ضرایب همبستگی مقادیر ۰/۱۶- و ۰/۱۳-



شکل ۸- پراکنش و طبقه‌بندی پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه.

Figure 8. Distribution and classification of vegetation in the study area.

غرب استان با پوشش خوب وجود دارد؛ ولی وسعت آن نسبت به مناطق شرقی کم‌تر است. باتوجه‌به شرایط اقلیمی و بر اساس سند آمایش استان (۴۴)، شرق و

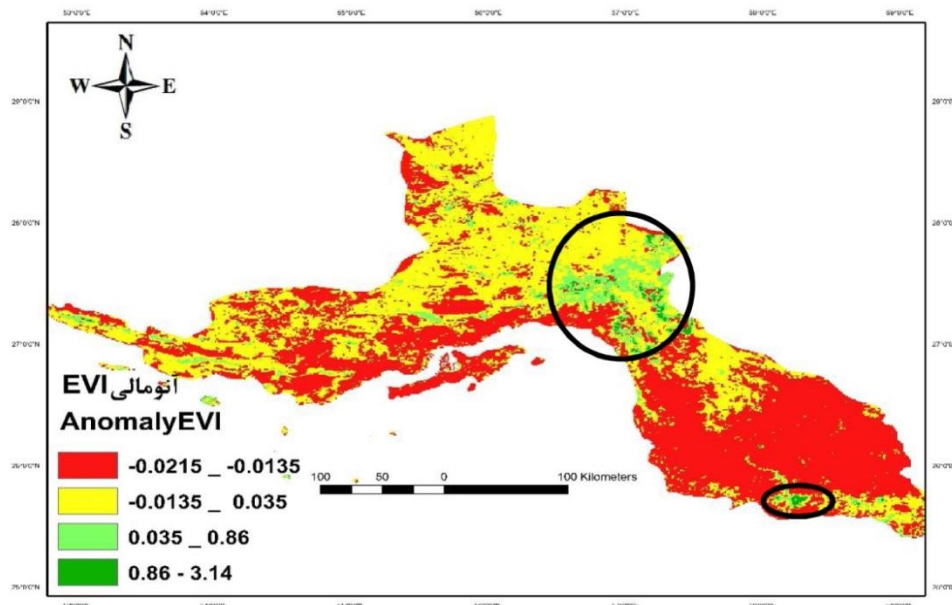
طبق شکل ۸، پراکنش پوشش گیاهی با شرایط خوب بیش‌تر در مناطق شمالی، شمال شرق و بخش‌هایی از شرق استان است. اگرچه مناطقی در

مقدار متغیر دیگر نیز تمایل به افزایش دارد. روابط مثبت یک شیب روبه‌بالا در یک‌شکل پراکنده ایجاد می‌کند. یک همبستگی منفی نشان می‌دهد که وقتی مقدار یک متغیر افزایش می‌یابد، مقدار متغیر دیگر تمایل به کاهش دارد. یک رابطه منفی یک شیب روبه‌پایین ایجاد می‌کند. ضرایب همبستگی در امتداد مورب جدول همگی برابر با ۱ هستند؛ زیرا هر متغیر کاملاً با خودش همبستگی دارد و متقارن است.

شبه‌سازی روند شبکه‌های رستری بر مبنای تجزیه و تحلیل خطی گویای ویژگی‌های تغییرات مکانی پوشش گیاهی است. درصد تغییرات توزیع مکانی EVI در شکل ۸ ارائه شده است. مناطقی در شرق استان بیش‌ترین درصد مقادیر EVI را به خود اختصاص داده است. این مناطق منطبق با کاربری اراضی زراعی و باغات دشت‌های میناب، رودان و بخشی از دشت ابسین است که بیانگر افزایش روند مثبت تغییرات مکانی شاخص EVI در این مناطق طبق سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۲۲ است. این مناطق حدود ۱۸ درصد (طبقه ۴) از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. در واقع این مناطق روند صعودی در پهنه پوشش گیاهی EVI را نشان می‌دهد. بخش‌های شرقی و منطقه‌ای محدود در جنوب شرقی (اطراف سد جگین) استان شرایط نسبتاً مناسب و سایر مناطق استان وضعیت مطلوبی از نظر پهنه پوشش گیاهی ندارند. شکل ۹ تغییرات آنومالی شاخص EVI استان را طی بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۲ نشان داده است.

بخش‌هایی در شمال قطب کشاورزی منطقه است و بیش‌ترین وسعت اراضی باغی و زراعی را به خود اختصاص داده است. مطلب قابل‌توجه این‌که مناطق با پوشش گیاهی خوب با نقشه میانگین سالانه هر دو شاخص گیاهی NDVI و EVI طبق شکل ۳ و ۵ به‌ویژه با شاخص NDVI همپوشانی مناسبی دارند.

**رطوبت خاک:** مجموع آب موجود در لایه فعال خاک، رطوبت خاک است که اهمیت بالایی دارد، زیرا منبع اصلی کشاورزی و پوشش گیاهی طبیعی آب است (۴۵). شکل ۷ (الف) و (ب) نشان می‌دهد به‌ترتیب بین NDVI و EVI و رطوبت خاک رابطه وجود دارد. همبستگی بین دو متغیر در هر سلول در جدول ۱ آمده است، بین EVI و NDVI و رطوبت خاک از سطح تا عمق ۱۰ سانتی‌متر به ترتیب ۰/۰۱۴- و ۰/۰۰۴ است که همبستگی منفی و بسیار ضعیفی دارند. همبستگی بین LST و رطوبت خاک ۰/۱۹ است که نشان‌دهنده همبستگی مثبت ضعیف با یکدیگر است. همبستگی بین میزان بارندگی و رطوبت خاک از سطح تا عمق ۱۰ سانتی‌متر ۰/۴ است که نشان‌دهنده همبستگی مثبت و نسبتاً متوسط بین آن‌هاست. بارش بیش‌تر باعث رطوبت بیش‌تر لایه سطحی خاک می‌گردد و به احتمال قوی این همبستگی بین بارش و لایه‌های پایین‌تر خاک هم وجود دارد. همبستگی بین تبخیر و تعرق و رطوبت خاک از سطح تا عمق ۱۰ سانتی‌متر ۰/۱- است که نشان‌دهنده همبستگی منفی و غیرمعنی‌دار است. بین رطوبت خاک و هر یک از پارامترهای مورد بررسی روند معنی‌داری وجود ندارد. همبستگی مثبت نشان می‌دهد که وقتی مقدار یک متغیر افزایش می‌یابد،

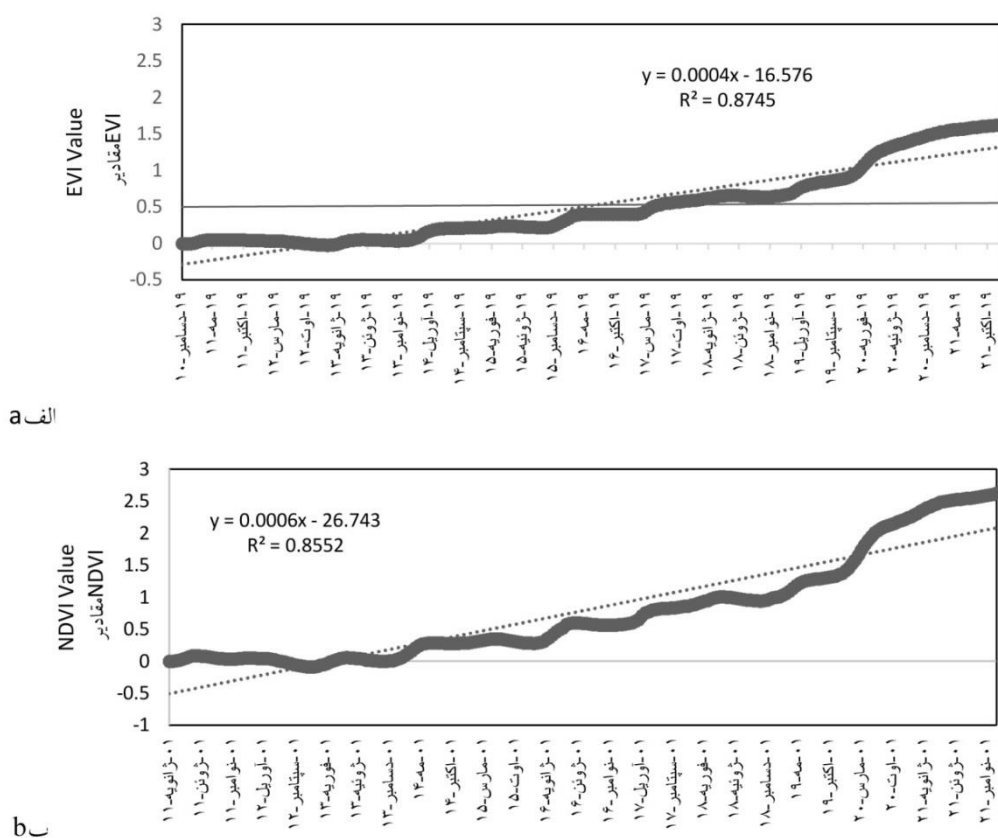


شکل ۹- تغییرات مکانی آنومالی EVI طی بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۲.

Figure 9. Spatial changes of EVI anomaly during the period of 2011-2022.

همبستگی اسپیرمن و من- کندال به ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۸۹ و در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. مقدار این شاخص طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۳ روندی منفی یا ثابت داشته است. در قسمت ب شکل ۱۰، شاخص NDVI دارای ضریب همبستگی اسپیرمن و من- کندال به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۸۷ و در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. هر دو شاخص از ماه مارچ سال ۲۰۱۴ روند صعودی در پیش گرفته و ماکزیمم مقدار آن مربوط به سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۲ است. تغییرات آنومالی شاخص‌های پوشش گیاهی نشان داد که این متغیرها در طول سال‌های قبل از ۲۰۱۰ دارای روند کاهشی و از ابتدای سال ۲۰۱۴ تا پایان دوره مطالعه روند افزایشی دارد (شکل ۱۰). طبق یافته‌های آباده و خسروشاهی (۴۶) وقوع دوره‌های خشکسالی قبل از ۲۰۱۰ می‌تواند دلیل مهمی برای این موضوع باشد.

طبق یافته‌های آباده و خسروشاهی (۴۶)، منطقه غرب بر اساس ایستگاه شاخص (ایستگاه بندر لنگه) بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ شاهد دوره خشکی و از سال ۲۰۱۰ تا پایان، دوره مرطوب رخ داده است. مرکز استان بر اساس ایستگاه بندرعباس از سال ۲۰۰۱ تا پایان دوره بر اساس این شاخص بیلان آب منفی داشته است، به طوری که حدود سال ۲۰۱۲ منفی‌ترین بیلان آبی و عملاً پدیده خشکسالی اتفاق افتاده است. شرق استان در ایستگاه جاسک بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ و بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ شاهد دوره خشکی اما بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶ دوره مرطوب رخ داده است. شکل ۱۰ مقادیر آنومالی زمانی شاخص‌های EVI و NDVI را نشان می‌دهد. طبق این شکل مقدار شاخص EVI (قسمت الف) در بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۲ دارای ضریب



شکل ۱۰- مقادیر آنومالی زمانی شاخص EVI (الف) و NDVI (ب) در طول بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۲۱. Figure 10. Time anomaly values of EVI index (a) and NDVI (b) during the period of 2011-2021.

تغییرات سالانه و ماهانه آن‌ها با میزان کشت پاییزه مطابقت دارد. به طوری که طبق اقلیم گرم و خشک استان بیش تر بارش‌ها مربوط به ماه‌های دی، بهمن و اسفند است. طبق یافته‌های Zhang و Zhe (۲۷)، می‌توان شاخص EVI را ملاک اصلی برای تولید پوشش گیاهی در نظر گرفت. بر اساس این شاخص ماه‌های دی، اسفند و فروردین به طور متوسط در طول ۲۲ سال مقادیر بیش‌تری نسبت به روند ماهانه داشته است. این بازه زمانی منطبق با فصل کشت و برداشت محصولات کشاورزی استان است و گیاهان به عالی‌ترین مرحله رشد خود رسیده است. نتایج نشان داد تغییرات مکانی شاخص‌های گیاهی منطبق بر مناطق پربارش و حاشیه رودخانه‌ها و اراضی کشاورزی و باغی است. این نتایج با یافته‌های Xu و

پژوهش حاضر به بررسی پویایی مکانی - زمانی شاخص‌های گیاهی NDVI و EVI با شاخص‌های جوی (بارش P و خشکسالی MSPI)، بیولوژیکی (تبخیر و تعرق ET و رطوبت خاک SM) و خاکی (دمای سطح زمین LST) متعدد می‌پردازد. هدف اصلی این مطالعه پایش پویایی شاخص‌های پوشش گیاهی طی بازه زمانی ۱۳۷۸-۱۴۰۰ (۲۰۰۰-۲۰۲۲) و تعیین این که آیا همبستگی معنی‌داری بین این شاخص‌ها و سایر عوامل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سامانه GEE وجود دارد.

نتایج نشان داد هر یک از شاخص‌های گیاهی طی دوره ۲۲ ساله سیر صعودی معنادار مثبتی دارند که این بیانگر افزایش وسعت پوشش گیاهی در منطقه است. پراکنش زمانی شاخص‌های گیاهی نشان داد که

بررسی آنومالی هریک از شاخص‌های میزان تأثیر خشکسالی در دو دهه متوالی را به‌خوبی نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده بین دو شاخص پوشش گیاهی به‌دست‌آمده طی بازه زمانی ۲۲ سال همبستگی قوی و مثبت و معناداری وجود دارد. ولی هریک از شاخص‌ها در هر دهه رفتار متفاوتی از خود نشان داده‌اند. طی بازه زمانی ۱۳۷۸-۱۳۸۹ (۲۰۰۰-۲۰۱۱) به دلیل وجود خشکسالی‌های مکرر و شدید طبق یافته‌های نوحه‌گر و همکاران (۴۰) و آباده و خسروشاهی (۴۶) همبستگی مثبت ضعیفی وجود دارد. در دهه دوم ۱۳۸۹-۱۴۰۰ (۲۰۱۱-۲۰۲۲) به‌دلیل کاهش شدت خشکسالی هریک از شاخص‌ها همبستگی قوی معناداری از خود نشان دادند که در نمودار آنومالی شاخص‌های گیاهی این رفتار به‌خوبی نشان‌دهنده شده است.

### نتیجه‌گیری کلی

استان هرمزگان مساحت وسیعی دارد. این گستردگی مساحت سبب تغییراتی در هر یک از پارامترها می‌گردد. به‌طوری‌که پراکنش شاخص‌های پوشش گیاهی در برخی از مناطق تمرکز بیشتری داشت. بیش‌ترین مقادیر NDVI و EVI در گستره حاشیه رودخانه‌ها و منابع آبی است. این مناطق منطبق با مراکز کشاورزی استان در دشت‌های رودان، میناب، شمیل و تخت، ایسین و بخش‌هایی از حاجی‌آباد که از نظر جغرافیایی مناطق شمال شرقی و بخش‌هایی از شمال را در برمی‌گیرد. مناطق غربی، مرکزی و بخش‌هایی در شرق با بیش‌ترین مقادیر خشک‌سالی و کمبود بارش، پایین‌ترین مقدار شاخص‌های گیاهی را داشته است. در نمودار شاخص خشک‌سالی MSPI نیز این مطلب به‌وضوح نمایان است. پوشش گیاهی در اراضی مرتعی، جنگل‌ها و اراضی زراعی و باغی ارتباط مستقیمی با اعمال مدیریت‌های صحیح زراعی، آب‌و‌خاک دارد. افزایش هر یک از شاخص‌های EVI

همکاران (۴۷) و Yang و همکاران (۴۸) و نادری و همکاران (۴۹) که علت افزایش شاخص NDVI را به افزایش وسعت اراضی تحت کشت (زراعی و باغی) نسبت داده‌اند، مطابقت دارد.

مقدار همبستگی بین NDVI و LST به دلیل خشک‌بودن منطقه بیش‌تر از بارش است. این موافق با یافته‌های انتظاری و همکاران (۵۰) است. به‌طوری‌که رابطه معکوس و معنادار بین شاخص‌های پوشش گیاهی EVI و NDVI و دمای سطح زمین بیانگر افزایش پوشش گیاهی همراه با کاهش دما و برعکس با کاهش پوشش گیاهی شاهد افزایش دما هستیم. این نتایج با یافته‌های (۵۱ و ۵۲) موافق است. طبق پژوهش آباده و خسروشاهی (۴۶) استان هرمزگان به‌طور میانگین تا سال ۲۰۱۳ دچار خشکسالی بوده است. خشکسالی و گرم‌شدن آب‌وهوا با تسریع تبخیر و تعرق باعث کمبود آب، تشکیل لایه خاک خشک، محدودکردن فتوسنتز و در نتیجه باعث کاهش سرعت رشد پوشش گیاهی (۵۳) می‌گردد. نتایج نیز بیانگر رابطه ضعیف منفی و معنادار بین دمای سطح زمین و تبخیر و تعرق در منطقه است.

طبق یافته‌های فرامرزی و همکاران (۵۴) بین اراضی بایر و پوشش گیاهی رابطه معنادار منفی قوی وجود دارد بدین معنا که با افزایش وسعت اراضی بایر، پوشش گیاهی کاهش قابل‌توجهی دارد. اراضی بایر بخش وسیعی از استان هرمزگان را تشکیل می‌دهند که این نقش به‌سزایی در کاهش مقادیر عددی ضرایب همبستگی بین شاخص‌های پوشش گیاهی و سایر پارامترها دارد. همپوشانی مناسب پهنه‌های بارش و شاخص خشکسالی MSPI با توزیع مکانی شاخص‌های گیاهی و دمای سطح زمین و رطوبت خاک بیانگر نقش تعیین‌کننده بارش در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر رابطه معکوس بین NDVI و EVI با دمای سطح زمین (LST) است که با یافته‌های (۵۵ و ۵۶) مطابقت دارد.

### داده‌ها و اطلاعات

در این پژوهش داده‌های زمینی از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان هرمزگان و بخشی دیگر از وبسایت گوگل ارث انجین اخذ شده‌اند.

### مشارکت نویسندگان

تمامی مراحل انجام پژوهش و مکاتبه آن با دفتر مجله به عهده نویسنده بوده است.

### اصول اخلاقی

اصول اخلاقی در انجام و انتشار این پژوهش مراعات شده است.

### تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد.

### حمایت مالی

این پژوهش از حمایت مالی برخوردار نبوده است.

و NDVI بیانگر افزایش وسعت و فراوانی پوشش‌های گیاهی منطقه است. ولی کاهش هریک از این شاخص‌ها به دلیل چندوجهی بودن ارتباط گیاه با عوامل جوی، خاکی، کاربری و... معرف ناهمگن شدن منطقه است. روند پویایی پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با سایر عوامل باید در درازمدت مورد مطالعه قرار گیرد تا بتواند یک الگو ایجاد نماید. این مطالعه تاحدامکان و با توجه در دسترس بودن یک مجموعه داده انجام شده است. مطالعات بلندمدت را می‌توان با استخراج متغیرهای تجربی در سطح منطقه‌ای و به‌منظور تأثیر رشد جمعیت بر منطقه نیز انجام داد. برای مطالعه‌ای در سطح منطقه‌ای، داده‌های اولیه (نظرسنجی، مصاحبه‌های با افراد آگاه) نیز می‌تواند برای درک تأثیر تغییرات بلندمدت جمعیت مورد استفاده قرار گیرد. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به مطالعات آتی مرتبط با پوشش گیاهی و ارتباط آن با سایر عوامل، حفاظت از طبیعت و تخصیص منابع کمک کند.

### تقدیر و تشکر

نویسنده مقاله از داوران محترم این مقاله به جهت صرف وقت کافی و ارائه نظرات ارزشمند کمال تشکر را دارد.

### منابع

1. Zhou, X. Y., Shi, H. D., & Wang, X. R. (2014). Impact of climate change and human activities on vegetation coverage in the Mongolian Plateau, *Arid Zone Res.* 31, 604-610.
2. Gordo, O., & Sanz, J. J. (2009). Long-Term Temporal Changes of Plant Phenology in the Western Mediterranean. *Glob. Change Biol.* 15, 1930-1948. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01851.x>.
3. Jin, X., Zhang, Y., Schaepman, M., Clevers, J., & Su, Z. (2008). Impact of elevation and aspect on the spatial distribution of vegetation in the qilian mountain area with remote sensing data. In: XXIth ISPRS Congress, Beijing, 3 July 2008 - 11 July 2008. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 1385-1390. <https://doi.org/10.5167/uzh-77426>.
4. Suding, K. N., Farrer, E. C., King, A. J., Kueppers, L., & Spasojevic, M. J. (2015). Vegetation change at high elevation: Scale dependence and interactive effects on niwot ridge, *Plant Ecol. Divers.* 8, 713-725.
5. Taloor, A. K., Singh Manhas, S. D., & Kothiyari, C. G. (2021). Retrieval of land surface temperature, normalized difference

- moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. *Appl. Comput. Geosci.* 9, 100051. doi:10.1016/j.acags.2020.100051.
6. Sharma, S., Zhang, M., Anshika, Gao, J. G., Zhang, H., & Kota, S. H. (2020). Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India. *Science of the Total Environment.* 728, 867-878. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.138878.
  7. Alam, A., Bhat, S., Kotlia, B. S. Ahmad, B., Ahmad, S., Taloor, A. K., & Farooq Ahmad, H. (2018). Hybrid tectonic character of the Kashmir basin: response to comment on "Coexistent pre-existing extensional and subsequent compressional tectonic deformation in the Kashmir basin Hybrid tectonic character of the Kashmir basin: response to comment on" Coex, *Quaternary International.* 468, 284-289. doi:10.1016/j.quaint.2018.02.010.
  8. Kannaujiya, S., Gautam, P. K., Chauhan, P., Roy, P. N. S., Pal, S. K., & Taloor, A. K. (2021). Contribution of seasonal hydrological loading in the variation of seismicity and geodetic deformation in Garhwal region of Northwest Himalaya. *Quaternary International*, 575, 62-71.
  9. Kothiyari, G. C., Joshi, N., Taloor, A. K., Kandregula, R. S., Kotlia, B. S., Pant, C. C., & Singh, R. K. (2019). Landscape evolution and deduction of surface deformation in the Soan Dun, NW Himalaya, India. *Quaternary International*, 507, 302-323.
  10. Sarkar, T., Kannaujiya, S., Taloor, A. K., Champati Ray, P. K., & Chauhan, P. (2020a). Integrated study of GRACE data derived interannual groundwater storage variability over water stressed Indian regions. *Groundw. Sustain. Dev.* 10, 364-376. doi:10.1016/j.gsd.2020.100376.
  11. Couteron, P., Hunke, P., Bellot, J., Estrany, J., Martínez-Carreras, N., Mueller, E. N., Papanastasis, V. P., Parmenter, R. R., & Wainwright, J. (2014). characterizing patterns, In *Patterns of Land Degradation in Drylands*, Springer, New York, NY, USA, 211-245.
  12. Wu, C., Peng, D., Soudani, K., Siebicke, L., Gough, C. M., Arain, M. A., Bohrer, G., Lafleur, P. M., Peichl, M., Gonsamo, A., Xu, S., Fang, B., & Ge, Q. (2017). Land surface phenology derived from normalized difference vegetation index (NDVI) at global FLUXNET sites, *Agr. Forest Meteorol.* 233, 171-182.
  13. Alademomi, A. S., Okolie, C. J., Daramola, O. E., Agboola, R. O., & Salami, T. J. (2020). Assessing the Relationship of LST, NDVI and EVI with Land Cover Changes in the Lagos Lagoon Environment. *Quaest. Geogr.* 39 (3), 87-109. doi:10.2478/quageo-2020-0025.
  14. Matsushita, B., Yang, W., Chen, J., Onda, Y., & Qiu, G. (2007). Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest. *Sensors.* 7 (11), 2636-2651. doi:10.3390/s7112636.
  15. Hinojo-Hinojo, C., & Goulden, M. L. (2020). Plant Traits Help Explain the Tight Relationship between Vegetation Indices and Gross Primary Production. *Remote Sens.* 12 (9), 1391-1405.
  16. Restrepo-Coupe, N., Huete, A., Davies, K., Cleverly, J., Beringer, J., Eamus, D., van Gorsel, E., Hutley, L. B., & Meyer, W. S. (2016). MODIS Vegetation Products as Proxies of Photosynthetic Potential along a Gradient of Meteorologically and Biologically Driven Ecosystem Productivity. *Biogeosciences*, 13, 5587-5608.
  17. Cavalari, C., Megoudi, S., Maxouri, M., Anatolitis, K., Sifakis, M., Levizou, E., & Kyparissis, A. (2021). Modeling of Durum Wheat Yield Based on Sentinel-2 Imagery. *Agronomy*, 11 (8), 1473-1486.
  18. Lanfredi, M., Coppola, R., Simoniello, T., Coluzzi, R., Imbrenda, V., & Macchiato, M. (2015). Early identification of land degradation hotspots in complex bio-geographic regions. *Remote Sensing*, 7 (6), 8154-8179.
  19. Shewangzaw, M. (2014). Vegetation dynamics analysis using normalized differences vegetation index as indicator

- of restoration or degradation, south wollo zone, northern Ethiopia. ADDIS ABABA University, p: 71.
20. Kyparissis, A., & Levizou, E. (2022). Climatic Drivers of the Complex Phenology of the Mediterranean Semi-Deciduous Shrub *Phlomis fruticosa* Based on Satellite-Derived EVI. *Plants*, 11 (5), 571-584. <https://doi.org/10.3390/plants11050584>.
  21. NASA. MODIS-specifications. Weitere Details. <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.12p>.
  22. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Relationships between forest stand parameters and Landsat TM spectral responses in the Brazilian Amazon Basin. *Forest ecology and management*, 198 (1), 149-167.
  23. Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing*, 10 (6), 989-1003.
  24. Wessels, K. J., Van Den Bergh, F., & Scholes, R. J. (2012). Limits to detectability of land degradation by trend analysis of vegetation index data. *Remote sensing of Environment*, 125, 10-22.
  25. Gholampoor, M., Khosroshahi, M., & Barkhordari, J. (2009). Determination of desert domains of Hormozgan province using geomorphological criteria. 15 (4), 485-492. [In Persian]
  26. Najafi Shabankareh, K., Khosroshahi, M., & Gholampoor, M. (2008). Determination of the geographical domain of Hormozgan province desert area in vegetation view. *Iranian journal of Range and Desert Research*. 15 (1), 97-113.
  27. Zhe, M., & Zhang, X. (2021). Time-lag effects of NDVI responses to climate change in the Yamzhog Yumco Basin, South Tibet. *Ecol. Indic.* 124, 420-431. [doi:10.1016/j.ecolind.2021.107431](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107431).
  28. Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X., & Yin, Z. Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sens. Environ.* 104 (2), 133-146. [doi:10.1016/j.rse.2005.11.016](https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016).
  29. Gan, R., Zhang, Y. Q., Shi, H., Yang, Y. T., Eamus, D., Cheng, L., Chiew, F. H. S., & Yu, Q. (2018). Use of satellite leaf area index estimating evapotranspiration and gross assimilation for Australian ecosystems. *Ecohydrology*, [doi:10.1002/eco.1974](https://doi.org/10.1002/eco.1974).
  30. Zhang, Y., Kong, D., Gan, R., Chiew, F. H. S., McVicar, T. R., Zhang, Q., & Yang, Y. (2019). Coupled estimation of 500m and 8-day resolution global evapotranspiration and gross primary production in 2002-2017. *Remote Sens. Environ.* 222, 165-182.
  31. McNally, A., Arsenault, K., Kumar, S., Shukla, S., Peterson, P., Wang, S., Funk, C., Peters-Lidard, C. D., & Verdin, J. P. (2017). A land data assimilation system for sub-Saharan Africa food and water security applications. *Scientific Data*, 4 (12), 1-19. [DOI: 10.1038/sdata.2017.12](https://doi.org/10.1038/sdata.2017.12).
  32. Ranjbar, A., Valia, A., Mokarramb, M., & Taripanahe, F. (2020). Analyzing of the spatio-temporal changes of vegetation and its response to environmental factors in north of Fars province, Iran. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS*. 11 (4), 61-82. [doi: 10.52547/gisj.11.4.61](https://doi.org/10.52547/gisj.11.4.61). [In Persian]
  33. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetaryscale geospatial analysis for everyone. *Remote Sens Environ.* 202, 18-27.
  34. Mirabbasi, R., Anagnostou, E. N., Fakheri-Fard, A., Dinpashoh, Y., & Eslamian, S. (2013). Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the joint deficit index. *Journal of Hydrology*, 492, 35-48. [in Persian]
  35. Bazrafshan, J., Hejabi, S., & Rahimi, J. (2014). Drought monitoring using the multivariate standardized precipitation index (MSPI). *Water Resour. Manage.* 28 (4), 1045-1060.
  36. Raziqi, T., Bordi, I., & Pereira, L. S. (2011). An application of GPCC and NCEP/NCAR datasets for drought variability analysis in Iran. *Water Resour. Manage.* 25 (4), 1075-1086.



37. Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences*, 3<sup>rd</sup> Ed., Academic, London.
38. Eskandari Damaneh, H., Sayadi, Z., & Khoorani, A. (2021). Evaluation of spatiotemporal changes and correlations of aerosol optical depth, NDVI and climatic data over Iran. *28 (4)*, 772-786. **doi:10.22092/ijrdr. 2021.125252.**
39. Mirahsani, M. S., Salman Mahiny, A., Soffianian, A., Mohamadi, J., Modarres, R., Modares, R., & Pourmanafi, S. (2019). Evaluation of Trend in Vegetation Variations using Time Series Images and Mann-Kendall test over Gavkhuni Basin. *Journal of Environmental Studies*, *45 (1)*, 99-114. **doi: 10.22059/jes.2019.260567.1007699.**
40. Nohegar, A., Heydarzadeh, M., Eydoon, M., & Pannahi, M. (2016). Assessment of drought and its impact on surface and groundwater resources (Case study: River basin Minab). *Researches in Earth Sciences*. *7 (3)*, 28-43. [In Persian]
41. Muradyan, V., Tepanosyan, G., Asmaryan, S., Saghatelyan, A., & Dell'Acqua, F. (2019). Relationships between NDVI and climatic factors in mountain ecosystems: a case study of Armenia. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* *14*, 158-169. **doi: 10.1016/j.rsase.2019.03.004.**
42. Stoddard, L. A., Smith, S. D., & Box, T. W. (1975). *Range-condition Analysis*. In *Range Management*; McGraw-Hill Book Co.: New York, NY, USA.
43. Eghdami, H., Azhdari, G., Lebailly, P., & Azadi, H. (2019). Impact of Land Use Changes on Soil and Vegetation Characteristics in Fereydan, Iran. *Agriculture*. *9*, 58; **doi: 10.3390/agriculture9030058.**
44. Hormozgan province land development strategic document. (2018). Management and Planning Organization of Hormozgan Province, p 32. [In Persian]
45. Robock, A. (2003). Hydrology Soil Moisture. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. Elsevier. p. 987-993. **doi.org/10.1016/B0-12-227090-8/00169-X.**
46. Abadeh, M., & Khosroshahi, M. (2021). Assessment and drought monitoring using Standardized Precipitation (SPI) and Standardized Precipitation Evapotranspiration (SPEI) Indices in Hormozgan province. *Iranian journal of Range and Desert Research*. *28 (4)*, 718-732. [In Persian]
47. Xu, X.K., Chen, H., & Zhang, F. (2007). Temporal and spatial change of vegetation cover in the Northwest of China and factors analysis influencing on vegetations variation, *Environmental Science*, *28 (1)*, 41-47.
48. Yang, G. H., Bao, A. M., Chen, X., Liu, H. L., Huang, Y., & Dai, S. Y. (2009). Study of the vegetation cover change and its driving factors over Xinjiang during 1998-2007, *Journal of Glaciology and Geocryology*, *31 (3)*, 436-445.
49. Naderi, M., Sheikh, V., Komaki, C. B., Bahremand, A., Ghanghermeh, A.A., & Siroosi, H. (2022). Detection and Prediction of Land Use Changes Using Modeling Approach within a GIS Environment (Case Study: Hablehroud Watershed). *Journal of Water and Soil Conservation*, *29 (2)*, 113-134. (In Persian)
50. Entezari, A., Zandi, R., & Khosravian, M. (2019). 'Evaluation of spatial variations of vegetation and surface temperature using Landsat and midsize images, case study: Fars Province, 1967-2017', *Watershed Engineering and Management*, *11 (4)*, 929-940. **doi: 10.22092/ijwmse.2018.122914.1528.**
51. Ferreira, S. L., & Duarte, D. H. S. (2019). Exploring the relationship between urban form land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. *Urban Climate*. *27*, 105-123.
52. Fathizad, H., Tazeh, M., Kalantari, S., & Shojaei, S. (2017). The investigation of spatiotemporal variations of Land Surface temperature based on land use changes using NDVI in southwest if Iran. *Journal of African Earth Sciences*. *134*, 249-256.
53. Zhijia, G., Xingwu, D., Yandong, S., Ya, L., & Xi, P. (2018). Spatiotemporal variation in vegetation coverage and its response to climatic factors in the Red River Basin, China, *Ecological Indicators*, *93*, 54-64.

54. Faramarzi, M., Heidarizadi, Z., Mohamadi, A., & Heydari, M. (2018). Detection of vegetation cover changes using normalized difference vegetation index in semi-arid rangeland in western Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 20, 51-60. [In Persian]
55. Agam, N., Kustas, W. P., Anderson, M.C., Li, F., & Neale, C. M. U. (2007). A vegetation index-based technique for spatial sharpening of thermal imagery. *Remote Sens. Environ.* 107 (4), 545-558. **doi: 10.1016/j.rse.2006.10.006.**
56. Mukherjee, S., Joshi, P. K., & Garg, R. D. (2015). Evaluation of LST downscaling algorithms on seasonal thermal data in humid subtropical regions of India. *Int. J. Remote Sens.* 36 (10), 2503-2523. **doi:10.1080/01431161.2015.1041175.**