



Revealing the Relationship between Temporal and Spatial Changes in the Vegetation Cover of Sistan and Baluchistan Province with Climatic Elements

Iman Rousta^{1✉} | Rashed Dehani²

1. Department of Environmental Planning, Faculty of Geography, Yazd University, Yazd, Iran. irousta@yazd.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Environmental Planning, Faculty of Geography, Yazd University, Yazd, Iran. r.dehani.70@gmail.com

Article Information

Research Paper

Vol:	15
No:	58
P:	113-128
Received:	2024-05-15
Revised:	2024-06-24
Accepted:	2024-08-10
Published:	2025-02-01

Keywords:

- Sistan and Baluchistan
- Vegetation index
- Climate variable
- Surface temperature

Cite this Article:

Rousta, Iman & Dehani, Rashed. (2025). Revealing the Relationship between Temporal and Spatial Changes in the Vegetation Cover of Sistan and Baluchistan Province with Climatic Elements. *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 15(58): 113-128. doi: 10.22034/jargs.2024.457727.1111

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)



Abstract

Aim: Changes in climate parameters, including precipitation and temperature, either alone or together, cause fluctuations in vegetation. The purpose of this research is to determine the relationship between climatic parameters and annual and seasonal fluctuations of vegetation in Sistan and Baluchistan province using spatial and temporal analysis of geographic information systems.

Material & Method: This research used data from terrestrial weather stations and remote sensing images of the Normalized Vegetation Index with a time period of 16 days and a spatial resolution of 250 meters and Land Surface Temperature images with a resolution of one kilometer and a time period of 8 days. The MODIS sensor of the Terra satellite was used from 2001 to 2022.

Finding: The results showed that the average area of vegetation in the region was 3.56%, and the area of vegetation in the province was the lowest in 2001 and 2002, i.e., 1.34 and 1.41%, and the highest in 2010 and 2020 with 4.62 and 9.82%, respectively. The results show that during the statistical period under study, the average vegetation index of the region showed an increasing trend. Correlation results showed that the correlation between the normalized index of vegetation and the temperature of the earth's surface in summer with ($r=0.49$; $p<0.05$) and the normalized index of vegetation with the amount of precipitation in winter ($r=-0.97$; $p>0.05$).

Conclusion: The results show that the vegetation cover index significantly correlates with temperature and precipitation in Sistan and Baluchistan province. Based on this, the correlation between vegetation cover and precipitation reaches its maximum with a delay of two to three months in the summer season.

Innovation: The innovation of this research is to investigate the relationship between the vegetation cover of the study area and the fluctuations climatic elements using satellite images and indicators used in it.

Extended Abstract

1. Introduction

Climate change, characterized by declining precipitation and rising temperatures, has induced widespread drought conditions globally. Droughts exert significant impacts on water resources and vegetation, exacerbating desertification. One of the primary consequences of drought is reduced vegetation cover. With the reduction of vegetation, environmental conditions are provided for the emergence of various hazards such as soil erosion, increased runoff, and flooding. Vegetation, a crucial parameter in arid ecosystems, is influenced by low precipitation, high temperature, and evapotranspiration factors. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), a proxy for photosynthetic activity, has been widely used in studies examining vegetation changes. Moreover, high-resolution satellite imagery offers a powerful tool for analyzing vegetation dynamics and the effects of climate change.

2. Materials and methods

To investigate the impact of climate variables on vegetation cover in Sistan and Balouchestan province, Iran, this study employed NDVI and Land Surface Temperature (LST) derived from satellite imagery, as well as meteorological station data. The analysis utilized 506 MODIS Terra NDVI images with a 16-day temporal resolution and 250-meter spatial resolution and 1012 MODIS Terra LST images with an 8-day temporal resolution and 1000-meter spatial resolution, spanning a 22-year period (2000-2022). Seasonal and annual averages of NDVI and LST were computed. The spatial distribution of NDVI was analyzed for four time periods: 2001, 2005, 2010, and 2020. Temporal variations in these variables were calculated to assess the influence of temperature and precipitation changes on vegetation, and correlation coefficients and trends in NDVI were determined using regression analysis.

3. Discussion and results

The average vegetation cover in the study area was 3.56%. The provincial vegetation cover reached its minimum in 2001 and 2002, at 1.34% and 1.41%, respectively, and its maximum in 2010 and 2020, at 4.62% and 9.82%, respectively. Based on the fluctuation curve and the annual average trend of the vegetation index, the curve trajectory indicates short-term (3 to 4 years) climatic effects on vegetation changes in the region. The results show that the average vegetation index in the study period increased. The average vegetation index over the study period was 0.154, with a maximum of 0.161 in 2016 and a minimum of 0.150 in 2001.

The relationship between climatic factors and vegetation index was examined at annual and seasonal scales. Overall, the relationship between vegetation index and land surface temperature in the study area was significant. Results from the 22-year seasonal average spatial correlation matrix between the normalized vegetation index and land surface temperature revealed the highest correlation in the summer season ($r = 0.49$, $p < 0.05$). In this season, the highest index values were observed in areas with higher temperatures, indicating a positive relationship between the two variables. In contrast, the relationship was negative and significant in other seasons. Additionally, the results of the spatial correlation matrix of the seasonal average of the two variables, vegetation index and precipitation, showed that the highest spatial correlation between the two variables occurred in winter ($r = -0.97$, $p < 0.05$).

4. Conclusion

Based on seasonal analysis findings, variations in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) are primarily influenced by fluctuations in temperature and solar radiation. While the impact of intra-annual precipitation changes is less apparent, its inter-annual (overall trend) influence is clearly discernible. Spring experiences the highest vegetation cover among the seasons, attributed to increased winter precipitation, replenished water reserves, abundant flow in rivers such as Hirmand, Mashkid, Kajou, and Sarbaz, as well as favorable climatic conditions. Conversely, summer experiences a pronounced decline in vegetation cover due to diminished precipitation, extreme heat, and depleted water resources. Autumn also experiences a

reduced vegetation cover due to reduced precipitation and the early onset of cold weather. Additionally, the average NDVI and total area of vegetation classes in the province exhibit a slight upward trend, primarily driven by shifting precipitation patterns towards increased rainfall and human activities such as agriculture and dam construction. A limitation of this study is its sole focus on temperature and precipitation. Consequently, future research should consider other factors influencing vegetation dynamics.

5. Acknowledgment & Funding

- The manuscript did not receive a grant from any organization.

6. Conflict of Interest

- The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

آشکارسازی ارتباط تغییرات زمانی - مکانی پوشش گیاهی استان سیستان و بلوچستان با عناصر اقلیمی

ایمان روستا^۱ ، راشد دهانی^۲

۱- گروه برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. iroust@yazd.ac.ir

۲- نویسنده مسئول، گروه برنامه‌ریزی محیطی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. r.dehani.70@gmail.com

چکیده

هدف: تغییرات پارامترهای اقلیمی از جمله بارش و دما هر یک به تنهایی و یا با هم باعث ایجاد نوسان در پوشش گیاهی می‌شود. هدف از این پژوهش تعیین ارتباط پارامترهای اقلیمی با نوسانات سالانه و فصلی پوشش گیاهی در محدوده استان سیستان و بلوچستان با استفاده از آنالیز مکانی و زمانی سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

روش و داده: در این پژوهش از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی زمینی و تصاویر سنجش از دور شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) با دوره زمانی ۱۶ روزه و قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر و تصاویر دمای سطح زمین (LST) با قدرت تفکیک یک کیلومتر و دوره زمانی ۸ روزه سنجنده MODIS ماهواره ترا از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ استفاده شده است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میانگین مساحت پوشش گیاهی در منطقه ۳.۵۶ درصد بوده است و مساحت پوشش گیاهی استان در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ به کمترین میزان خود یعنی ۱.۳۴ و ۱.۴۱ درصد و در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به ترتیب با ۴.۶۲ و ۹.۸۲ درصد به بیشترین میزان خود رسیده است. نتایج بیانگر آن است که در طی دوره آماری مورد مطالعه متوسط شاخص پوشش گیاهی منطقه روند افزایشی را نشان می‌دهد. نتایج همبستگی نشان داد که همبستگی شاخص نرمال شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در تابستان با $r = 0.49$ ؛ $p < 0.05$ و شاخص نرمال شده پوشش گیاهی با میزان بارش در زمستان $r = -0.97$ ؛ $p < 0.05$ است.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص پوشش گیاهی، همبستگی معناداری با دما و بارش در استان سیستان و بلوچستان دارد و بر مبنای آن همبستگی پوشش گیاهی و بارش با تأخیر دو تا سه ماهه در فصل تابستان به نهایت خود می‌رسد.

نوآوری، کاربرد نتایج: نوآوری این تحقیق، بررسی رابطه پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه با نوسانات عناصر اقلیمی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های به کار گرفته شده در آن است.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره:	۱۵
دوره:	۵۸
صفحه:	۱۱۳-۱۲۸
تاریخ دریافت:	۱۴۰۳/۰۲/۲۶
تاریخ ویرایش:	۱۴۰۳/۰۴/۰۴
تاریخ پذیرش:	۱۴۰۳/۰۵/۲۰
تاریخ انتشار:	۱۴۰۳/۱۱/۱۳

کلیدواژه‌ها:

- سیستان و بلوچستان
- شاخص پوشش گیاهی
- متغیر اقلیمی
- دمای سطح زمین

نحوه ارجاع به این مقاله:

روستا، ایمان و دهانی، راشد. (۱۴۰۳). آشکارسازی ارتباط تغییرات زمانی - مکانی پوشش گیاهی استان سیستان و بلوچستان با عناصر اقلیمی. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۵(۵۸): ۱۱۳-۱۲۸.
doi: 10.22034/jargs.2024.457727.1111

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



© نویسنده(گان)

۱- مقدمه

تغییر در عوامل اقلیمی از جمله کاهش بارندگی و افزایش دما در سطح جهان باعث بروز مشکلاتی از قبیل خشک‌سالی شده است و خشک‌سالی با تأثیر گسترده‌ای بر منابع آب و پوشش گیاهی در یک منطقه موجب تشدید بیابان‌زایی می‌شود و یکی از پیامدهای اصلی خشک‌سالی کاهش مقدار پوشش گیاهی است. با کاهش پوشش گیاهی شرایط محیطی برای پیدایش انواع مخاطرات همانند فرسایش خاک، افزایش رواناب و بروز سیل فراهم می‌گردد؛ بنابراین در جهت تدوین طرح‌های حفاظت منابع طبیعی و همچنین پایش و پیش‌بینی وضعیت پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای با توجه به مزایای آن نظیر دید وسیع، قدرت تفکیک بالا، به هنگام بودن، دوره‌ای بودن و همچنین قابلیت رقومی‌سازی جهت پردازش‌های کامپیوتری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mahakhari et al., 2016; Firozi et al., 2017). امروزه شاخص‌های متعددی به‌منظور پایش و نظارت مستمر بر پوشش گیاهی توسعه پیدا کرده‌اند. در حال حاضر شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)^۱ نقش زیادی در رصد بلندمدت شرایط پوشش گیاهی دارد. داده‌های سری زمانی NDVI و LST^۲ جهت تعیین و رصد تغییرات خشک‌سالی کشاورزی تولید شده‌اند. به همین جهت محققان به ارزیابی و پایش زمانی و مکانی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سری‌های زمانی LST و NDVI اقدام نموده‌اند. مطالعات گسترده‌ای در خصوص بررسی تغییرات زمانی - مکانی پوشش گیاهی و رابطه آن با عناصر اقلیمی در سطح جهان با استفاده از این شاخص انجام شده است. از این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که NDVI با تأخیرهای زمانی مختلف از بارش پیروی می‌کنند که این تأخیرها ناشی از خشکی نسبی مکان مورد بررسی، خاک، توپوگرافی و همچنین ترکیب و ساختار پوشش گیاهی است (Firozi et al., 2017). از این رو حساس بودن اندازه NDVI به تغییرات بارش در هر مکان و زمان‌های تأخیر این شاخص بین یک یا دو ماه متغیر است. نتایج تحقیقات انجام شده در مقیاس جهانی در خصوص همبستگی شاخص NDVI و عناصر اقلیمی دما و بارش نشان می‌دهد که با افزایش این شاخص در عرض‌های میانی نیم‌کره شمالی به دلیل افزایش و کاهش NDVI در بخش‌های نیمه‌خشک عرض‌های پایین جغرافیایی مربوط به کاهش میزان بارش است. کوگان خشک‌سالی‌های دهه ۱۹۸۰ در آمریکا را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NOAA و شاخص VCI^۳ را مورد ارزیابی قرارداد و نتایج حاصله نشان داد که می‌توان از این شاخص در جهت تعیین اثر خشک‌سالی، تعیین زمان شروع، شدت، طول دوره و اثر آن بر روی پوشش گیاهی استفاده کرد (Kogan, ۱۹۹۵). شریف حسن و محمود الاسلام با بهره‌گیری از محصولات NDVI و LST سنجنده مادیس آسیب‌پذیری خشک‌سالی در شمال غربی بنگلادش را مورد مطالعه قرار دادند. پس از تعیین شاخص VCI از تصاویر NDVI و TCI از تصاویر LST، شاخص VHI^۴ را برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ محاسبه کرده و طبق آن خشک‌سالی را در سه گروه: متوسط، شدید و خیلی شدید دسته‌بندی نمودند. نتیجه این‌که می‌توان از شاخص VHI به‌عنوان یک شاخص مناسب جهت تعیین مناطق متأثر از خشک‌سالی بهره گرفت (Mahmud-ul-islam & Shareful Hassan, 2013).

گورگل و فریرا تغییرات پوشش گیاهی در برزیل را در ارتباط با تغییرات عناصر اقلیمی را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که تغییرات پوشش گیاهی در رابطه با تغییرات اقلیمی وابسته به نوع پوشش گیاهی منطقه متفاوت است. بارش در تابستان همبستگی ۷۰ درصدی و بارش فصل بهار همبستگی ۹۱ درصدی با تغییرات پوشش گیاهی دارد (Gurgel & Ferreira, 2003). لین و فریرا در یک پژوهش ارتباط معناداری بین بارش ماهانه و NDVI تجمعی ماهانه با تأخیر یک‌ماهه را تشخیص دادند. بر اساس نتایج آن ترکیب NDVI و LST درک مناسب‌تری از وقوع خشک‌سالی از طریق ارتباط متقابلشان با الگوهای خشک‌سالی سطحی را فراهم می‌آورند (Lin & Ferreira, 1991).

در ایران مفاخری و همکاران در پژوهشی به مطالعه و تحلیل خشک‌سالی با بهره‌گیری از شاخص NDVI در دشت قروه و دهگلان در یک بازه زمانی ۲۰ساله پرداختند و نتایج کار آن‌ها نشان داد که کمترین مقادیر شاخص NDVI مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ است و با بارش کم در این سال‌ها که به ترتیب ۲۳۹، ۲۵۳/۱ و ۱۵۵ میلی‌متر همخوانی دارد (Mafakhari et al., 2016).

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

2. Land Surface Temperature (LST)

3. Vegetation Condition Index

4. Vegetation Health Index

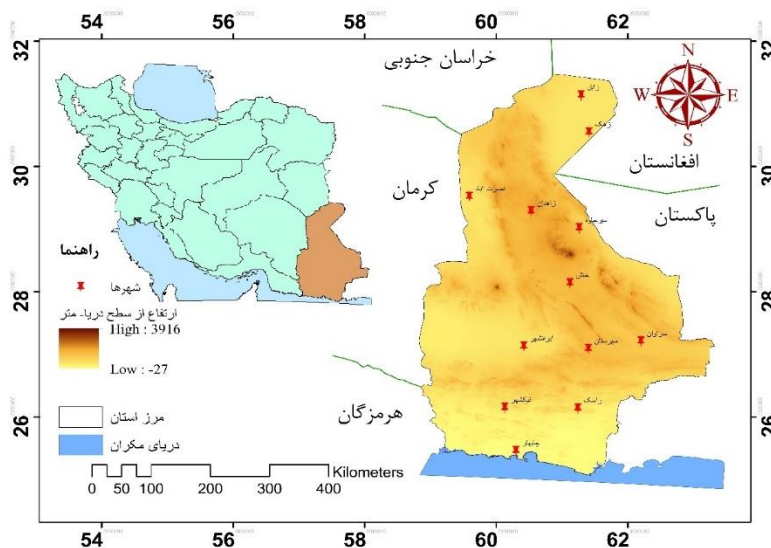
در مطالعه حاضر سعی بر این است که رابطه عناصر اقلیمی دما و بارش را با تغییرات پوشش گیاهی در جنوب شرق ایران در محدوده استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ی مورد مطالعه قرار دهد. تا با توجه به نتایج حاصله به توان چگونگی پوشش گیاهی و تأخیرهای زمانی مختلف را در این منطقه که دارای آب‌وهوای گرم و خشک است پیش‌بینی نمود.

۲- روش پژوهش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرقی ایران بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است (Ebrahimpour, 2009). در سمت شرقی این استان کشورهای پاکستان و افغانستان در قسمت جنوبی آن دریای عمان قرار دارد. در قسمت شمال و شمال غرب با استان خراسان جنوبی و در قسمت غرب با استان‌های کرمان و هرمزگان هم‌جوار است.

از نظر اقلیم‌شناسان این استان به‌عنوان منطقه گذار اقلیمی شناخته می‌شود. مناطق گذار اقلیمی مناطقی هستند که آب‌وهوا در آن تغییرپذیری شدیدی دارد، عبور از شرایط آب و هوایی حاره‌ای که در سواحل جنوب استان حاکم است به آب‌وهوای منطقه‌ی جنب‌حاره‌ای که در نواحی شمال استان مشاهده می‌شود، سبب به وجود آمدن شرایط کاملاً متفاوت اقلیمی در منطقه شده است (Zahraei, 2012). به‌طوری‌که در توزیع مکانی بارش استان تفاوت چشمگیری بین شمال و جنوب آن مشاهده می‌شود که بر این اساس میانگین بارش ایستگاه زابل ۵۳/۷ میلی‌متر کمترین و ایستگاه سرباز با ۲۲۴/۴ میلی‌متر در مرکز استان بیشترین میزان بارندگی را دارند (نگارندگان) (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت استان سیستان و بلوچستان در منطقه‌ی جنوب شرقی ایران

۲-۲- روش پژوهش

داده‌های موردنیاز این پژوهش به‌طور جداگانه شامل اطلاعات بارش که از ۱۲ ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه از اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان دریافت گردید جدول (شماره ۱). پس از آن با استفاده از روش درون‌یابی IDW در محیط GIS نقشه‌های بارش استان تهیه گردید. داده‌های پوشش گیاهی (NDVI) از سنجنده MODIS ماهواره ترا با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه، سطح MOD13Q1 و قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر برای یک دوره ۲۲ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۲) از سایت نوا تهیه شد که این تصاویر برای ۲۲ سال ۵۰۶ تصویر NDVI است. جهت استخراج مقادیر دمای سطح زمین، از تصاویر LST سنجنده مادیس ماهواره ترا با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰۰ متر و تفکیک زمانی ۸ روزه سطح MOD11A2 (۱۰۱۲ تصویر) در یک دوره ۲۲ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۲) استفاده شده است.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در مطالعه استان سیستان و بلوچستان

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
۱	چابهار	۲۵° ۲'	۶۰° ۳'	۸	سینوپتیک
۲	سراوان	۲۷° ۲'	۶۲° ۲'	۱۱۹۵	سینوپتیک
۳	ایران‌شهر	۲۷° ۱۲'	۶۰° ۴۲'	۵۹۱.۱	سینوپتیک
۴	خاش	۲۸° ۱۳'	۶۱° ۱۲'	۱۳۹۴	سینوپتیک
۵	مهرستان	۲۷° ۰۸'	۶۱° ۴'	۱۲۷۱	سینوپتیک
۶	میر جاوه	۲۹° ۰۱'	۶۱° ۲۶'	۸۱۳	سینوپتیک
۷	نیک شهر	۲۶° ۱۴'	۶۰° ۱۳'	۵۱۰	سینوپتیک
۸	نصرت‌آباد	۲۹° ۵۱'	۵۹° ۵۹'	۱۱۲۷	سینوپتیک
۹	راسک	۲۶° ۱۳'	۶۱° ۲۴'	۵۰۰	سینوپتیک
۱۰	زابل	۳۱° ۱۳'	۶۱° ۲۹'	۴۸۹.۲	سینوپتیک
۱۱	زهک	۳۰° ۵۴'	۶۱° ۴۱'	۴۹۵	سینوپتیک
۱۲	زاهدان	۲۹° ۲۸'	۶۰° ۵۳'	۱۳۶۹.۹	سینوپتیک

شاخص پوشش گیاهی

شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) یک اندازه‌گیری غیرمستقیم از فعالیت فتوسنتز است و از آن به‌عنوان مهم‌ترین شاخص برای ارزیابی سلامت و تراکم پوشش گیاهی استفاده می‌شود که دامنه آن بین -۱ برای حداقل میزان و +۱ برای حداکثر میزان فتوسنتز است که به صورت رابطه (۱) مشخص می‌گردد (Bhuiyan, C, 2008).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که NIR مقدار بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و RED، مقدار بازتاب باند قرمز است. بازتاب کلروفیل در محدوده طول موج قرمز حدود ۲۰ درصد و در محدوده مادون قرمز حدود ۶۰ درصد است و تفاوت بین برآیند هر دو باند اجازه رقومی کردن انرژی جذب‌شده کلروفیل می‌دهد، در نهایت طبقات نشان‌دهنده سطوح مختلف پوشش گیاهی به دست خواهد آمد. برای محاسبه شاخص پوشش گیاهی سالانه و فصلی از روابط (۲ تا ۶) استفاده شده است. نظر به اینکه تمرکز ما در این پژوهش بر روی نواحی دارای پوشش گیاهی است؛ لذا با توجه به شناخت منطقه مورد مطالعه، آستانه ۰.۱۲ NDVI بر روی نقشه‌های پوشش گیاهی استان مدنظر قرار گرفت و نواحی دارای پوشش گیاهی بزرگ‌تر و مساوی آستانه مورد نظر جدا گردید. سپس با توجه به شدت و ضعف مقادیر NDVI، پوشش گیاهی ناحیه فوق‌الذکر به پنج طبقه تقسیم (0.12 تا 0.3)، (0.3 تا 0.4)، (0.4 تا 0.5)، (0.5 تا 0.6)، (0.6 تا 0.7) و (<0.6) تقسیم و حساسیت هر ناحیه نسبت به دما و بارش تعیین گردید.

$$\text{پوشش گیاهی زمستان} = \frac{\Sigma(\text{image353 to image065})}{6} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\text{پوشش گیاهی بهار} = \frac{\Sigma(\text{image081 to image161})}{6} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{پوشش گیاهی تابستان} = \frac{\Sigma(\text{image177 to image257})}{6} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\text{پوشش گیاهی پاییز} = \frac{\Sigma(\text{image273 to image337})}{6} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\text{پوشش گیاهی سالانه} = \frac{\Sigma(\text{image001 to image337})}{23} \quad \text{رابطه (۶)}$$

شاخص دمای سطح زمین (LST)

دمای سطح زمین (LST) یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین شاخص‌های پایش دما است؛ زیرا برای فرایندهای انرژی سطح زمین ضروری است (Jiang et al., 2023). دمای سطح زمین بر تبادل انرژی بین سطح زمین و جو تأثیر می‌گذارد که برای مطالعه تغییرات محیطی مهم است و دمای سطح زمین یک پارامتر حیاتی در زمینه‌های اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی و علوم محیطی است که نقش مهمی در

تعادل انرژی سطح زمین ایفا می‌کند و تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله پوشش گیاهی، آب‌های سطحی و ویژگی‌های زمین قرار می‌گیرد و می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر الگوهای آب و هوایی محلی و منطقه‌ای داشته باشد (Derdouri & Morimoto 2023; Ullah et al., 2023). دمای سطح زمین در بررسی و ارزیابی‌های محیطی همانند خشک‌سالی دارای اهمیت فراوانی است. هر پیکسل دما سطح زمین میزان حرارت پدیده‌های مختلف را نمایش می‌دهد (Moghaddam et al., 2021). بنابراین دمای سطح زمین برای هر پیکسل در سنجش از دور برابر است با متوسط دمای پدیده‌های مختلف سطح زمین است (Alavi Panah., 2002). در پژوهش حاضر از ۱۰۱۲ تصویر LST دریافت شده از سنجنده مادیس جهت استخراج میانگین دمای فصلی و سالانه از روابط (۷ تا ۱۱) طی دوره آماری ۲۲ ساله استفاده شده است (Rousta et al., 2020).

$$\text{رابطه (۷)} \quad \text{LST زمستان} = \frac{\Sigma(\text{image353 toimage065})}{12}$$

$$\text{رابطه (۸)} \quad \text{LST بهار} = \frac{\Sigma(\text{image353 toimage065})}{12}$$

$$\text{رابطه (۹)} \quad \text{LST تابستان} = \frac{\Sigma(\text{image353 toimage065})}{12}$$

$$\text{رابطه (۱۰)} \quad \text{LST پاییز} = \frac{\Sigma(\text{image353 toimage065})}{12}$$

$$\text{رابطه (۱۱)} \quad \text{LST سالانه} = \frac{\Sigma(\text{image353 toimage065})}{46}$$

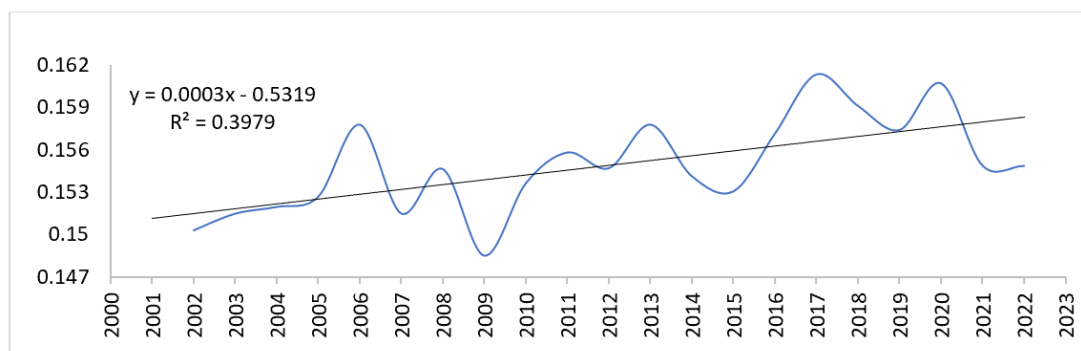
۳- یافته‌ها

• آنالیز همبستگی شاخص پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی

در این پژوهش از ضریب آنالیز همبستگی پیرسون برای تعیین رابطه همبستگی خطی بین دو متغیر مستقل (دمای سطح زمین و میانگین بارش سالانه) و متغیر وابسته (شاخص پوشش گیاهی) و از آنالیز رگرسیون خطی برای شبیه‌سازی روند شاخص در طول دوره مورد بررسی استفاده شد (Chen et al., 2016 & Bao et al., 2014). همچنین از آنالیز آمار فضایی تحلیل انطباقی که روشی مناسب برای آشکارسازی رابطه متغیرهای اقلیم با شاخص پوشش گیاهی در محیط GIS است (Ghanbari motlagh & Amrai, 2019) استفاده گردید.

• الگوی تغییرات زمانی- مکانی شاخص NDVI در منطقه مورد بررسی

برای درک بهتر روابط بین تغییرات عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی منطقه لازم است تا الگوهای زمانی و مکانی NDVI تهیه گردد. تغییرات روند شاخص NDVI بر اساس مقادیر سالانه شاخص پوشش گیاهی منطقه در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ مورد بررسی قرار گرفت و منحنی نوسانات و خط میانگین سالانه شاخص در استان سیستان و بلوچستان تهیه گردید (شکل ۲ و جدول ۲). در نگاه اول خط سیر منحنی، تأثیرات دوره‌های کوتاه‌مدت (سه تا چهارساله) عناصر اقلیمی را بر تغییرات پوشش گیاهی منطقه نشان می‌دهد. روند کلی تغییرات پوشش گیاهی، بر اساس مقادیر سالانه آن سیر صعودی را نشان می‌دهد. متوسط شاخص پوشش گیاهی در دوره زمانی مورد مطالعه ۰.۱۵۴، بالاترین مقدار آن ۰.۱۶۱ در سال ۲۰۱۶ و کمترین آن ۰.۱۵۰ در سال ۲۰۰۱ بوده است.



شکل ۲. میانگین سالانه شاخص پوشش گیاهی استان سیستان و بلوچستان طی دوره آماری ۲۰۰۱-۲۰۲۲

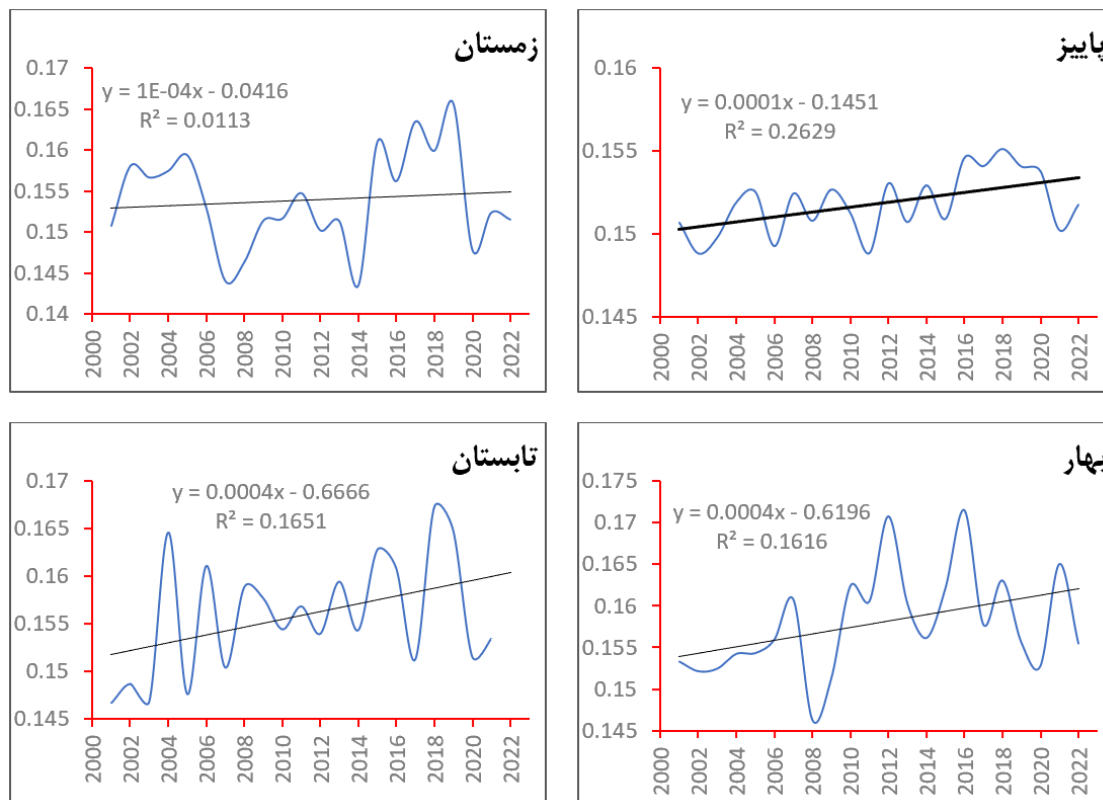
جدول ۲. مساحت سالانه طبقات پوشش گیاهی (کیلومتر مربع)

سال	0.120- 0.3	0.3-0.4	0.4-0.5	0.5-0.6	<-0.6	مساحت کل
2001	2500/49	34/24	6/32	0/85	0/10	2542
2002	2620/18	38/10	6/47	1/05	0/20	2666
2003	2649/55	35/24	5/16	0/95	0/10	2691
2004	2636/49	36/84	4/96	0/70	0/00	2679
2005	5869/61	64/91	8/92	1/50	0/05	5945
2006	4356/07	45/36	8/72	0/85	0/00	4411
2007	7914/30	90/17	11/48	1/05	0/00	8017
2008	5774/52	68/81	7/57	0/10	0/00	5851
2009	6712/25	91/42	11/18	1/10	0/05	6816
2010	8593/72	116/09	14/84	2/31	0/05	8727
2011	8162/89	100/32	15/68	2/81	0/30	8282
2012	5470/93	58/85	5/76	1/45	0/00	5537
2013	6780/37	81/00	9/17	2/21	0/25	6873
2014	8218/31	96/86	11/53	2/26	0/05	8329
2015	7163/08	91/94	9/27	2/61	0/10	7267
2016	5993/26	87/56	8/32	2/76	0/10	6092
2017	8223/08	131/62	15/34	2/76	0/20	8373
2018	4584/42	78/95	11/08	2/46	0/10	4677
2019	7965/32	130/18	19/45	4/01	0/05	8119
2020	18320/64	249/67	50/02	6/67	0/00	18627
2021	7082/07	94/83	16/29	2/76	0/05	7196
2022	8054/82	140/74	26/06	9/07	0/30	8231

روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در فصول پاییز، زمستان، بهار و تابستان به ترتیب در شکل ۳ نشان می‌دهد که روند خطی تغییرات این شاخص در فصل تابستان نسبت به سایر فصول نوسانات بیشتری دارد.

توزیع مکانی شاخص پوشش گیاهی در چهار فاصله زمانی ۲۰۰۱، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ و مساحت هرکدام از طبقات پوشش گیاهی ارائه شده است (شکل ۴ و جدول ۲). همان‌طور که مشاهده می‌شود طبقه (۰.۳ - ۰.۱۲) که در واقع پهنه‌های مرتعی استان را نشان می‌دهد، در سال ۲۰۰۱ حدود ۹۸.۳۶ درصد از مساحت دارای پوشش گیاهی استان را شامل می‌شود؛ در حالی که در سال ۲۰۰۵ این طبقه ۹۸.۷۳٪ از مساحت دارای پوشش گیاهی را به خود اختصاص داده است. در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ این طبقه به ترتیب ۹۸.۴۷٪ و ۹۸.۳۵٪ از مساحت دارای پوشش گیاهی استان را به خود اختصاص داده است.

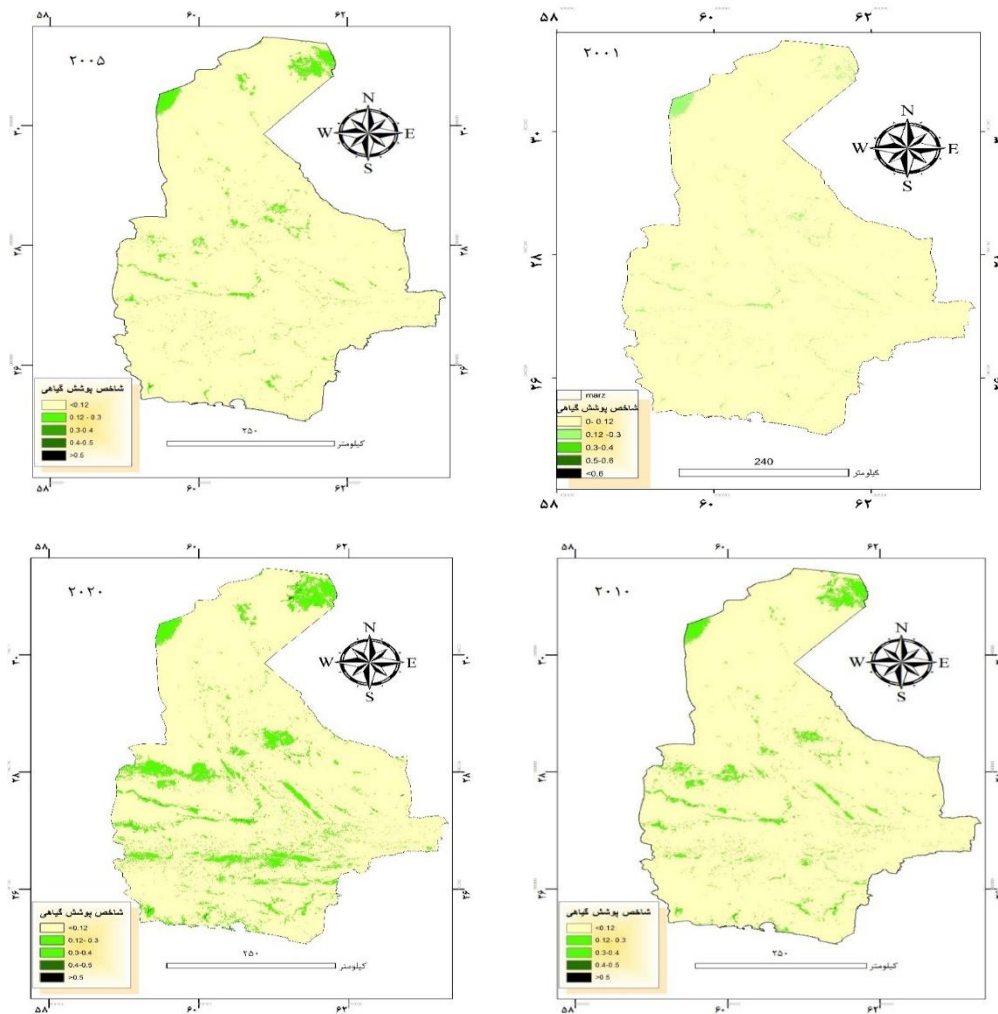
همان‌گونه که مشاهده می‌شود طبقه با (>۰.۱۲ تا ۰.۳) در سال ۲۰۰۱ حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع از مساحت استان را به خود اختصاص داده؛ در حالی که در سال ۲۰۰۵ این طبقه مساحتی برابر با ۵۸۶۹.۶۱ از کل استان را به خود اختصاص داده است. در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ نیز این طبقه روندی افزایشی داشته و به ترتیب ۸۵۹۳.۷۲ و ۱۸۳۲۰.۶ کیلومتر مربع از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده است. طی دوره آماری مورد مطالعه سایر طبقات هم روند افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهند.



شکل ۳. روند تغییرات فصلی شاخص NDVI در استان سیستان و بلوچستان طی دوره ۲۰۲۲-۲۰۰۱

جدول ۳. مساحت طبقات پوشش گیاهی و تغییرات آن در طی دوره مورد مطالعه در سطح استان سیستان و بلوچستان

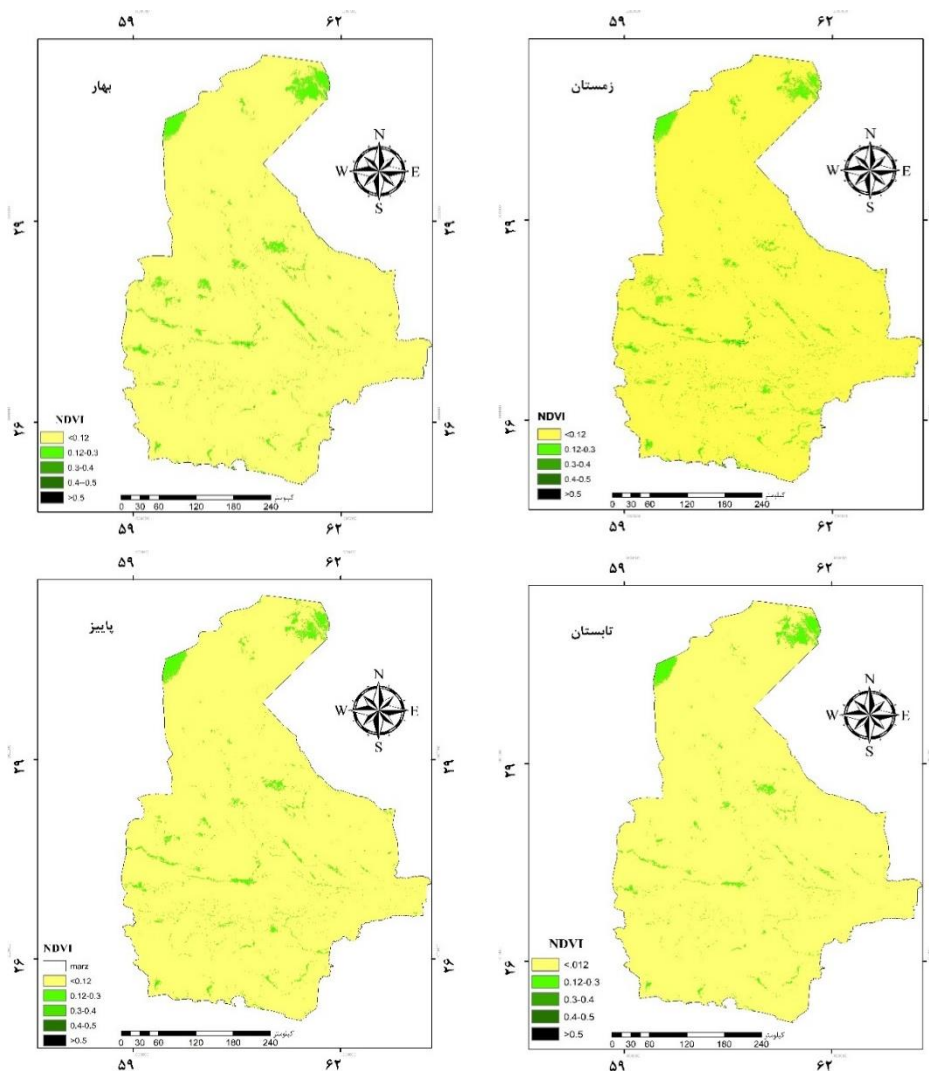
طبقات شاخص پوشش گیاهی	۲۰۰۱		۲۰۰۵		۲۰۱۰		۲۰۲۲	
	مساحت (کیلومتر مربع)	%	مساحت (کیلومتر مربع)	%	مساحت (کیلومتر مربع)	%	مساحت (کیلومتر مربع)	%
شاخص پوشش گیاهی (۰.۱۲-۰.۳)	۲۵۰۰	۹۸.۳۶	۵۸۶۹.۶۱	۹۸.۷۳	۸۵۹۳.۷۲	۹۸.۴۷	۱۸۳۲۰.۶	۹۸.۳۵
شاخص پوشش گیاهی (۰.۳-۰.۴)	۳۴	۱.۳۴	۶۴.۹۱	۱.۰۹	۱۱۶.۰۹	۱.۳۳	۲۴۹.۶۷	۱.۳۴
شاخص پوشش گیاهی (۰.۴-۰.۵)	۶.۳۲	۰.۲۴	۸.۹۲	۰.۱۵	۱۴.۸۴	۰.۱۷	۵۰.۰۲	۰.۲۶
شاخص پوشش گیاهی (۰.۵-۰.۶)	۰.۸۵	۰.۰۳۳	۱.۵۰	۰.۰۲۵	۲.۳۱	۰.۰۲۶	۶.۶۷	۰.۰۳۵
شاخص پوشش گیاهی (>۰.۶)	۰.۱۰	۰.۰۰۴	۰.۰۵	۰.۰۰۰۸	۰.۰۵	۰.۰۰۰۵۷	۰	۰



شکل ۴. توزیع مکانی طبقات پوشش گیاهی سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰

• **آنالیز همبستگی مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی و پارامتر دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه**
 به منظور مطالعه تأثیر فاکتورهای اقلیمی بر روی پوشش گیاهی، رابطه بین این فاکتورها و شاخص پوشش گیاهی در مقیاس سالانه و فصلی مورد بررسی قرار گرفت، به صورت کلی رابطه بین این شاخص و دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه معنادار هست. متوسط سالانه و فصلی شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین که از داده‌های ماهواره مادیس استخراج شد (شکل‌های ۵ و ۶). بیشترین مقدار شاخص پوشش گیاهی در فصل بهار دیده می‌شود (شکل ۵). میانگین مقادیر فصلی دمای سطح زمین استخراج شده از تصاویر ماهواره مادیس نشان می‌دهد که فصل‌های زمستان و تابستان به ترتیب سردترین و گرم‌ترین فصول در منطقه مورد بررسی هستند (شکل ۶).

نتایج ماتریس همبستگی مکانی میانگین فصلی ۲۲ ساله بین دو متغیر نشان می‌دهد که بیشترین همبستگی مکانی بین دو متغیر در فصل تابستان مشاهده می‌شود (جدول ۳) در این فصل بیشترین مقدار شاخص در مناطق با دمای بالا مشاهده شده است؛ به طوری که رابطه دو متغیر در این فصل مثبت و در دیگر فصول منفی و معنی‌دار بوده است.



شکل ۵. روند تغییرات فصلی شاخص NDVI در استان سیستان و بلوچستان طی دوره ۲۰۰۱-۲۰۲۲

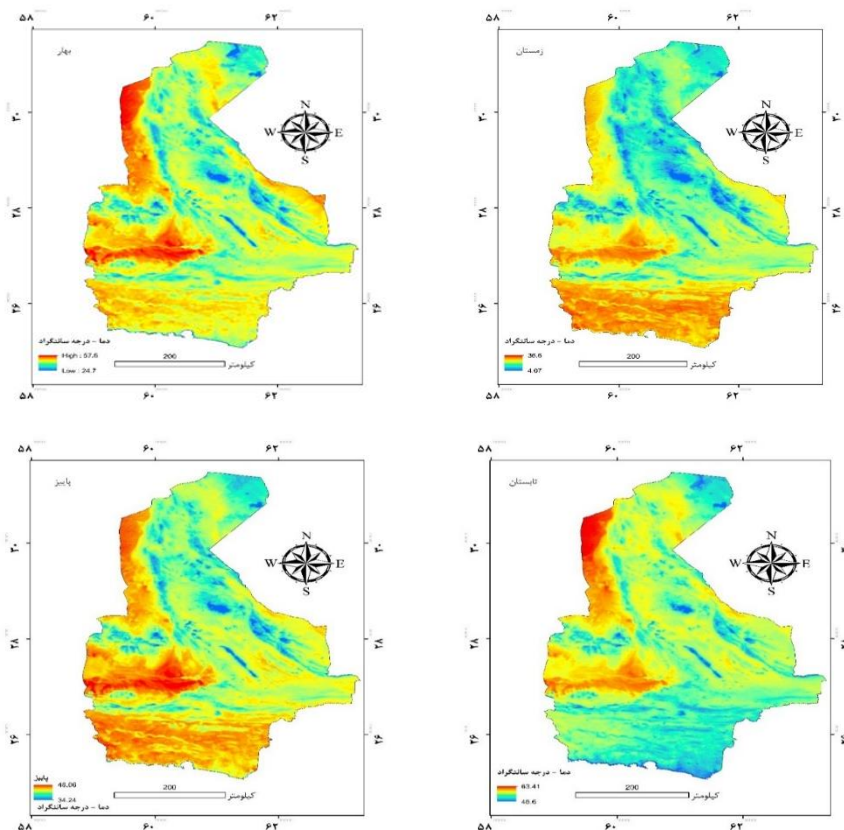
• آنالیز همبستگی مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی و بارش در منطقه مورد بررسی

صورت کلی همبستگی مکانی شاخص NDVI و بارش در منطقه مورد مطالعه معنادار است. میانگین ماهانه ۲۲ ساله بارش در استان سیستان و بلوچستان نشان از آن دارد که توزیع بارش از شمال به جنوب افزایش می‌یابد و بیشترین میزان بارش در فصل زمستان و کمترین آن در فصل پاییز اتفاق رخ می‌دهد.

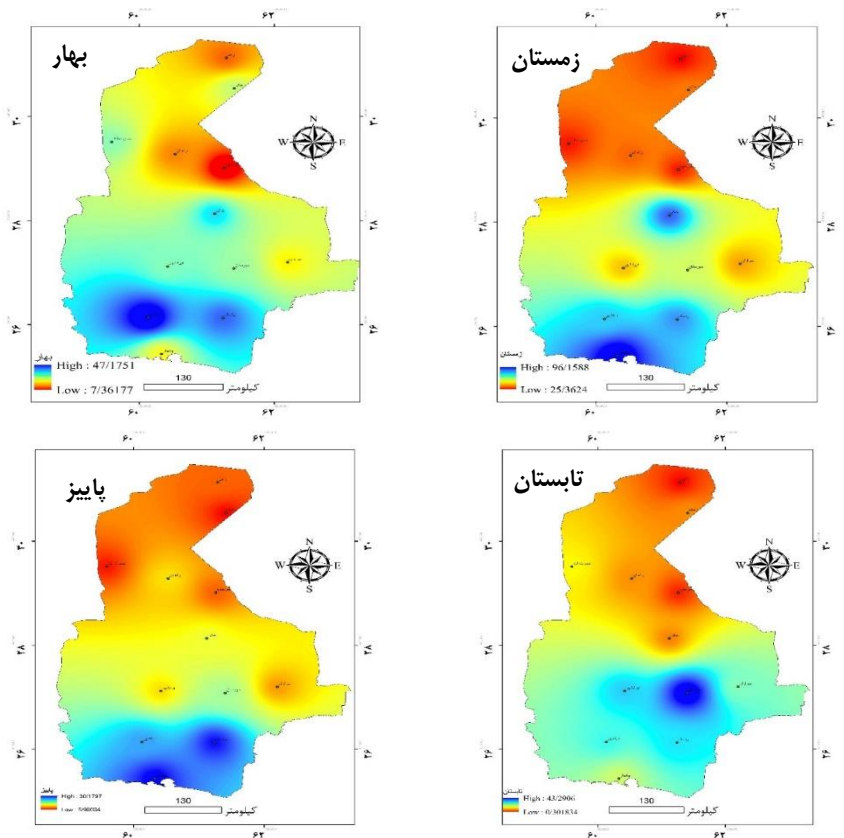
نتایج ماتریس همبستگی مکانی میانگین فصلی ۲۲ ساله بین دو متغیر نشان می‌دهد که بیشترین همبستگی مکانی بین دو متغیر در فصل زمستان مشاهده می‌شود (جدول ۴). در این فصل کمترین مقدار شاخص با بارش مشاهده شده است؛ به طوری که رابطه دو متغیر در این فصل منفی و در دیگر فصول مثبت و معنی‌دار بوده است.

جدول ۴. همبستگی مکانی پوشش گیاهی با دمای سطح زمین و بارش

فصل	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
دمای سطح زمین	-۰.۳۶	-۰.۲۲	۰.۴۹*	-۰.۴۱	-۰.۳۲
بارش	-۰.۹۷**	۰.۴۷	۰.۰۱۴	۰.۲۶	-۰.۲۵



شکل ۶. روند تغییرات فصلی شاخص LST در استان سیستان و بلوچستان طی دوره ۲۰۰۱-۲۰۲۲



شکل ۷. روند تغییرات فصلی بارش در استان سیستان و بلوچستان طی دوره ۲۰۰۱-۲۰۲۲

۴- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش روند تغییرات پوشش گیاهی با نوسانات عناصر اقلیمی با کمک اطلاعات سنجش از دور، طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ در محدوده‌ی استان سیستان و بلوچستان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه فاقد مناطق جنگلی انبوه بوده و اکثریت اراضی به صورت مرتعی است، بیشتر مساحت استان را پوشش گیاهی ضعیف تشکیل می‌دهد. در مقیاس فصلی مشاهده گردید که تغییرات NDVI در واقع پاسخی به تغییرات دما و میزان دریافت تابش است. در حالی که نقش تغییرات بارش در مقیاس درون سالی محسوس نیست و می‌توان نقش آن را در مقیاس بین سالی (روندی) با اطمینان بالایی تشخیص داد. چنین نتیجه‌ای را می‌توان در پژوهش قنبری مطلق و امرایی نیز مشاهده کرد (Ghanbari motlagh & Amrai, 2019). به طوری که ایشان تغییرات فصلی شاخص پوشش گیاهی را به مقدار تغییرات فصلی دما (به‌طور هم‌زمان) و تغییرات دوره‌ای NDVI را به نوسانات دوره‌ای بارش وابسته می‌دانند.

نوسانات مساحت پوشش گیاهی فصل بهار بر اساس شاخص NDVI نشان می‌دهد که این فصل کمترین میزان پوشش گیاهی را در سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۸ و ۲۰۲۰ و همچنین بیشترین میزان پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۱۲، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۲ داشته است. بیشترین مساحت پوشش گیاهی را در بین فصول، فصل بهار دارد؛ چرا که رشد تمامی گیاهان و درختان در منطقه مورد مطالعه به دلیل بارش بیشتر در فصل قبل از آن (زمستان) و ذخیره آب در منطقه، پرآب بودن رودخانه‌های هیرمند، ماشکید، کاجو و سرباز و همچنین تعادل هوا باعث گسترش مساحت پوشش گیاهی شده است. در فصل تابستان به دلیل کاهش میزان بارش، گرمای بیش از اندازه و کاهش ذخایر آبی منطقه باعث می‌شود، پوشش گیاهی فقط در مناطق مستعد کشاورزی در شمال استان در محدوده حوضه آبریز رودخانه هیرمند و دریاچه هامون و بخش‌های مرکزی و جنوبی استان شامل جازموریان و جلگه باهوکلالت و اطراف رودخانه‌های محلی منطقه باشد و دیگر بخش‌های استان فاقد پوشش گیاهی باشند. در فصل پاییز به دلیل کاهش بارش و سرمای زودرس در منطقه با کاهش پوشش گیاهی روبه‌رو هستیم که با یافته‌های رستمی و همکاران و روستا و همکاران مطابقت دارد. (Rostami et al., 2017; Rosta, 2020)

به‌طور کلی در منطقه مورد مطالعه، پوشش گیاهی را نمی‌توان فقط با استفاده از بارش پیش‌بینی کرد؛ چرا که دما اثر مستقیمی بر پوشش گیاهی دارد. برای بررسی پوشش گیاهی باید دما و بارش را باید با یکدیگر مدنظر قرار داد. در استان سیستان و بلوچستان کاهش بارش و افزایش دما با تأخیر دو تا سه‌ماهه باعث کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه خشک‌سالی می‌شود. افزایش بارش در منطقه و دمای متعادل و نزدیک به میانگین با تأخیر دو تا سه‌ماهه باعث گسترش پوشش گیاهی و شرایط ترسالی در منطقه شده است. دما و بارش هر دو باعث افزایش یا کاهش مساحت پوشش گیاهی شده‌اند (Rusta et al., 2022).

با توجه به این که زمین‌های کشاورزی روندی فصلی دارند و دوره رشد آن‌ها به کلی در بهار و تابستان است، دقیقاً در این زمان میزان شاخص NDVI در منطقه بالا رفته است در حالی که دو فصل دیگر با کاهش فعالیت‌های کشاورزی میزان شاخص پوشش گیاهی رو به کاهش رفته است.

مطالعه حاضر با هدف آشکارسازی ارتباط پوشش گیاهی با عناصر در محدوده‌ی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از داده‌های سنجش از دور انجام شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بر خلاف بارش، همبستگی معناداری بین دما و شاخص پوشش گیاهی در استان سیستان و بلوچستان وجود دارد. همچنین میانگین شاخص NDVI و مساحت تمامی طبقات پوشش گیاهی استان روند افزایش جزئی را نشان می‌دهد که بیشتر تحت تأثیر تغییر الگوی بارشی این منطقه به سمت ترسالی است و یکی دیگر از دلایل افزایش مساحت طبقات پوشش گیاهی و شاخص NDVI مربوط به فعالیت‌های انسانی از قبیل کشاورزی و سدسازی است. حاصل این پژوهش از این جهت حائز اهمیت است که نشان می‌دهد افزایش میزان شاخص NDVI در منطقه نتیجه کادبی است و می‌تواند روند کاهشی مناطق دارای پوشش گیاهی انبوه را در تحلیل‌ها کم‌رنگ نماید. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به این نکته اشاره نمود که فقط بر دو پارامتر دما و بارش متمرکز است، از این‌رو پیشنهاد می‌گردد که در بررسی‌های آینده در این خصوص از دیگر عوامل مؤثر بر پوشش گیاهی نیز استفاده شود.

۵- سپاس‌گزاری

سپاس فراوان از داوران ارجمندی که با نظرات ارزشمند خود باعث غنای هرچه بیشتر این پژوهش شده‌اند.

۶- فهرست منابع

- ابراهیمزاده، عیسی، (۱۳۸۸)، بنیان‌های جغرافیایی جنوب شرق ایران، چاپ اول، زاهدان، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- باعقیده محمد، بهلول علیجانی، پرویز ضیائی، (۱۳۹۰). بررسی امکان استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در تحلیل خشک‌سالی استان اصفهان، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۰، صص ۱۶-۱.
- زهرا، اکبر، (۱۳۹۱). شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی استان سیستان و بلوچستان با استفاده از ریز گردانی داده‌های مدل گردش عمومی (GCMS) برای دوره اقلیمی (۲۰۴۰ - ۲۰۰۹)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، اساتید راهنما: طاووسی، تقی و محمود خسروی، گروه جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- سید عبدالروف محمود، ایمان روستا، احمد مزیدی (۱۴۰۱). بررسی پایداری روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه مورد: حوضه آبریز شمالی افغانستان)، جغرافیا و پایداری محیط.
- علوی پناه، سید کاظم (۱۳۸۱). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین. تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- فیروزی، فاطمه، (۱۳۹۷). مدل‌سازی سری زمانی تغییرات مؤلفه‌های محیطی سطح زمین: مورد مطالعه (دشت سیستان) پایان‌نامه دکتری، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- فیروزی، فاطمه، تقی طاووسی، پیمان محمودی، (۱۳۹۷). بررسی رابطه آماری بین متغیرهای اقلیمی، هیدرولوژیک و پویایی پوشش گیاهی در دشت سیستان، نشریه مدیریت بیابان، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹۷، صص ۹۹-۱۱۱
- قنبری مطلق، محدثه، بهزاد امرایی (۱۳۹۹). آشکارسازی ارتباط زمانی - مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی، جغرافیا و پایداری محیط ۳۵ (۱۳۹۹) ۳۷-۵۵.
- مفاخری، امید، شهریار خالدی، علی اکبر شمسی‌پور، مصطفی فلاحی خوشجی و آذر کرمانی، (۱۳۹۵). تحلیل خشک‌سالی با استفاده از شاخص NDVI در دشت قروه و دهگلان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۱، تابستان ۹۵.

References

- Alavi Panah, Seyed Kazem (2002). Thermal Remote Sensing and Its Application in Earth Sciences. Tehran: University of Tehran Publishing and Printing Institute [in Persian].
- Ba'agheedeh Mohammad, Behlul Alijani, Parviz Ziaian, (2011). Investigating the possibility of using NDVI vegetation index in drought analysis of Isfahan province, Geographical Studies of Arid Regions, Year 1, Issue 4, Summer 2011, pp. 1-16 [in Persian].
- Bao, G., Qin, Z., Bao, Y., Zhou, Y., Li, W. & Sanjiv, A. (2014). NDVI-based long-term vegetation dynamics and its response to climatic change in the Mongolian Plateau. Remote Sensing, 6(9) 8337-8358.
- Bhuiyan, C., 2008. Desert vegetation during droughts: Response and sensitivity. The International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Science, 8: 907-912
- Chen, Z., Jiang, W. G., Tang, Z. H. & Jia, K, (2016). Spatial-temporal pattern of vegetation index change and the relationship to land surface temperature in zoige. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41,849-852.
- Ebrahimzadeh, Isa, (2009), Geographical Foundations of Southeast Iran, First Edition, Zahedan, Sistan and Baluchestan University Press [in Persian].
- Firouzi, Fatemeh, (2018). Time series modeling of changes in land surface environmental components: Case study (Sistan Plain) PhD thesis, University of Sistan and Baluchestan [in Persian].
- Firouzi, Fatemeh, Taghi Tavusi, Peyman Mahmoudi, (2018). Investigating the statistical relationship between climatic, hydrological and vegetation dynamics variables in the Sistan Plain, Desert Management Journal, No. 11, Spring-Summer 2018, pp. 99-111 [in Persian].
- Ghanbari Motlagh, Mohaddeseh, Behzad Emraei (2019). Revealing the temporal-spatial relationship of vegetation changes in Mazandaran province with climatic elements, geography and environmental sustainability 35(2019) 37- 55 [in Persian].
- Gurgel, H. C. & N. J. Ferreira, (2003). Annual and Interannual Variability of NDVI in Brazil and its Connections with Climate, International Journal of Remote Sensing 24(18):3595-3609.
- Mafakheri, Omid, Shahriar Khalidi, Ali Akbar Shamsipour, Mostafa Fallahi Khoshji and Azar Kermani, (2016). Drought analysis using NDVI index in Qorveh and Dehgolan plains, Journal of Applied Research in Geographical Sciences, Year 16, Issue 41, Summer 2016 [in Persian].

- Sayed Abdul Rauf Mahmoud, Iman Rusta, Ahmad Mazadi (1401). Investigating the sustainability of vegetation change trends using remote sensing (case study: northern watershed of Afghanistan), *Geography and Environmental Sustainability [in Persian]*.
- Zahrai, Akbar, (2012). Simulating climate change in Sistan and Baluchestan Province using General Circulation Model (GCMS) data refinement for the climate period (2009-2040), Master's thesis, Supervisors: Tavusi, Taghi and Mahmoud Khosravi, Department of Geography, University of Sistan and Baluchestan [in Persian].
- Derdouri, A., Murayama, Y., & Morimoto, T. (2023). Spatiotemporal Thermal Variations in Moroccan Cities: A Comparative Analysis. *Sensors*, 23(13), 6229.
- Jiang, K., Pan, Z., Pan, F., Teuling, A. J., Han, G., An, P., ... & Dong, Z. (2023). Combined influence of soil moisture and atmospheric humidity on land surface temperature under different climatic background. *Isience*, 26(6).
- Kogan, F. T., and., (1995.) Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar orbiting satellite data *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76: 655- 668.
- lin , W. T ., and Ferreira, F. N., (1991). Monitoring regional drought using the Vegetation Condition Index *International Journal of Remote Sensing*, 17, 2761 – 2782.
- Moghaddam, mansour, M., Rousta, I., Zamani, M., Mokhtari, M., Karimi Firozjaei, M., & Alavipanah, S.(2021). Study and prediction of land surface temperature changes of Yazd city: assessing the proximity and changes of land cover. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 12(4) 1-27.
- Rousta, I., Olafsson, H., Moniruzzaman, M., Zhang, H., Liou, Y. A., Mushore, T. D., & Gupta, A. (2020). Impacts of drought on vegetation assessed by vegetation indices and meteorological factors in Afghanistan. *Remote Sensing*, 12(15), 2433.
- Shareful Hassan, M., and Mahmud-ul- islam,S.,(2013) Drought Vulnerability Assessment IN THE High Barind Tract of Bangladesh Using MODIS NDVI and Land Surface Temperature (lst) Imageries, *International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online) 2319- 7064*.
- Ullah, W., Ahmad, K., Ullah, S., Tahir, A. A., Javed, M. F., Nazir, A., ... & Mohamed, A. (2023). Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*, 9(2).