

## The Interrelationship Among Vegetation, Soil Water Volume and Soil Temperature Across Various Altitude Classes and Land Uses in Iran Using Land Degradation Approach

Sepideh Behroozeh<sup>1</sup>, Asadollah Khorani<sup>2</sup>, Hadi Eskandari Damaneh<sup>3</sup>

1. Department of Geographical Sciences, Faculty of Humanities, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Email: [s.behroozeh.stu@hormozgan.ac.ir](mailto:s.behroozeh.stu@hormozgan.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Geographical Sciences, Faculty of Humanities, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. Email: [khorani@hormozgan.ac.ir](mailto:khorani@hormozgan.ac.ir)
3. Researcher of Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: [hadi.eskandari71@gmail.com](mailto:hadi.eskandari71@gmail.com)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**  
Received 8 April 2024  
Received in revised form  
29 December 2024  
Accepted 23 January 2025  
Available online  
28 February 2025

**Keywords:**  
Iran,  
Kendall test,  
Land use,  
Vegetation,  
Variation trend detection  
Mann.

### ABSTRACT

**Objective:** This study investigates vegetation degradation across Iran by utilizing Soil Temperature (ST) and Soil Water Volumetric (SWV) data, with a focus on understanding the spatiotemporal dynamics and relationships among these variables.

**Method:** The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), derived from MODIS satellite products, served as the primary indicator for vegetation health and coverage. Concurrently, ST and SWV data were sourced from the ERA5 reanalysis dataset, spanning a temporal range from 2001 to 2022 and offering a spatial resolution of 10 km. To ensure robust analysis, the Mann-Kendall nonparametric test and Sen's slope estimator were employed, enabling the detection of statistically significant trends in the time series data. Additionally, Pearson correlation tests were conducted to assess the relationships between NDVI, ST, and SWV.

**Results:** The results revealed intriguing patterns in the temporal and spatial behavior of NDVI, SWV, and ST across Iran. Specifically, NDVI demonstrated a positive trend in 81.75% of the study area, predominantly in the northwest and southeast regions. Similarly, SWV and ST exhibited positive trends in 47.09% and 75.84% of the country's area, respectively. These trends highlight notable regional variations in vegetation response to soil moisture and temperature conditions over the two-decade study period. The correlation analysis provided deeper insights into the interplay among these variables. NDVI and SWV were positively correlated in 90.49% of the study area, with strong positive correlations observed in 42.25% of the regions, indicating that vegetation health improves with increasing soil water content. Conversely, negative correlations were noted in only 9.5% of the area, with strong negative correlations accounting for a mere 0.82%, emphasizing the overall beneficial role of soil water availability. In contrast, the relationship between NDVI and ST exhibited predominantly negative correlations, covering 71.16% of the study area. Strong negative correlations were found in 16.26% of the regions, suggesting that rising soil temperatures could adversely affect vegetation health, particularly in temperature-sensitive ecosystems. Positive correlations were limited to 25.84% of the area, with strong positive correlations observed in just 1.87%. Land-use-specific analysis further refined these results. NDVI displayed a positive correlation with SWV in grasslands, barelands, croplands, and pasturelands across all altitude classes. However, in forested regions situated at altitudes between 1500–2000 meters and above 2000 meters, the correlation turned negative, reflecting unique hydrological and ecological dynamics. Similarly, NDVI correlated positively with ST in barelands and grasslands but showed a negative correlation in forests, croplands, and pasturelands, underscoring the complex interaction of vegetation types with soil temperature and water dynamics in varying environmental contexts.

**Conclusions:** Combining remote sensing and reanalysis data provides a reliable database for monitoring and modeling vegetation coverage, soil moisture, and temperature, and consequently, desertification and land degradation. It is important to note that this research was conducted over an annual timescale. Further investigations are warranted to explore the monthly relationships between the analyzed indices and their implications for land degradation.

**Cite this article:** Behroozeh, S., Khorani, A., & Eskandari Damaneh, H. (2025). The Interrelationship Among Vegetation, Soil Temperature, and Soil Water Volume Across Various Altitude Classes and Land Uses in Iran Using Land Degradation Approach. *Journal of Environmental Studies*, 50 (4), 435- 455. <http://doi.org/10.22059/jes.2025.374195.1008486>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.



DOI: . <http://doi.org/10.22059/jes.2025.374195.1008486>

## **Introduction**

Land degradation is a temporary or permanent decrease in the productivity of land due to the destruction of its physical, chemical, and biological characteristics, which strongly affects agricultural production, quality of life, and ecosystem functions. Monitoring and assessing land degradation and identifying its characteristics is necessary for managing and improving land quality. Various indicators such as climatic variables, vegetation indicators, and desertification indices, as well as various methods, are used to monitor land degradation. In the land degradation literature, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) has been introduced as an effective and powerful index for monitoring vegetation characteristics under different conditions.

Recent progress in Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) reveals that remote sensing is a powerful tool for assessing earth resources such as soil temperature, soil moisture, and vegetation. It is also effective in analyzing land use changes and land degradation. Iran has been severely affected by land degradation processes such as soil erosion, reduction of soil productivity, and water quality. Therefore, it is necessary to analyze the spatial variability of land degradation and desertification by using edaphic-climatic parameters and vegetation data, as well as understanding the relationships between these parameters.

This study aims to investigate the relationship between soil temperature (ST), soil moisture volume (SMV), and vegetation in different altitude classes and land uses from 2001 to 2022 in Iran.

## **Method**

Iran, spanning approximately 1,648,000 square kilometers, occupies a geographical position in Southeast Asia, situated between latitude 25° and 40° north and longitude 44° and 64° east. Its terrain is primarily characterized by mountainous regions and a semi-arid climate, with an average elevation exceeding 1200 meters above sea level. The notable mountain ranges within Iran are the Alborz and Zagros, extending from west to east and from northwest to southeast, respectively. These mountainous formations exert significant influence on the temporal and spatial distribution of precipitation, temperature, moisture, and other climatic variables. Consequently, regions in the northern and western parts of the country experience a Mediterranean and semi-humid climate, whereas semi-arid and extremely arid climates predominate in the central parts of the country (Derakhshandeh et al., 2023a).

The highest precipitation levels are observed around the Caspian Sea and the western extents of the Zagros Mountain range, while the lowest levels are recorded in the central and eastern regions. On average, Iran receives approximately 240 mm of rainfall annually (Derakhshandeh et al., 2023b). A substantial portion of the country falls within the belt of arid regions globally, with 65% of its territory characterized by arid climates, 20% categorized as semi-arid, and 5% as Mediterranean semi-arid and semi-humid zones.

NDVI data were downloaded from MODIS products ([MOD13](#)), and ST and SWV data were obtained from ERA5 reanalysis data ([ERA5-Land](#)) from 2001 to 2022 with a spatial resolution of 10 km. The Mann-Kendal (MK) non-parametric test, Sen's slope estimator, and correlation analysis were used to analyze the data. The relationship between the variables was investigated for five altitude classes and various land uses.

The MCD12Q1 product, with a resolution of 500 meters, was used for 2001-2022 to investigate land use and land surface coverage changes. The land use map was prepared in seven land use classes: bare lands, vegetation, forest, pasture, grassland, water area, and man-made area. Additionally, a 30-meter ASTER-driven

Digital Elevation Model (DEM) was used to determine the elevation classes of the country, which include <500m, 500-1000m, 1000-1500m, 1500-2000m, and >2000m.

### **Results and discussion**

The results of the spatial changes of vegetation cover, soil temperature (ST), and soil water volume (SWV) showed distinct patterns across Iran. The highest values of the NDVI index were recorded in the northern, northwestern, western, and southwestern regions, with an average NDVI value of 0.13. Maximum soil temperatures were observed in the east, southeast, south, and southwest regions, with an average value of 20.38 °C. The highest average soil moisture values were found in the northwest, north, and scattered parts of the northeast and west, averaging 0.11 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

Based on the Mann-Kendall statistics, NDVI, SWV, and ST showed increasing trends of over 81.75%, 47.09%, and 75.84% of the country's area, respectively, with statistical significance in 48.69%, 5.15%, and 14.90% of the study area. The NDVI showed a positive correlation with SWV in 90.49% of the area, with a strong positive correlation in 42.25%, a negative correlation in 9.5%, and a strong negative correlation in 0.82% of the country. Meanwhile, NDVI showed a negative correlation with ST in 74.16% of the area, with a strong negative correlation in 16.26%, and a positive correlation in 25.84% of the study area, of which 1.87% was a strong positive correlation.

The correlation between NDVI and SWV was positive across different elevation classes for grassland, bare land, agricultural land, and pasture land uses, and negative for the forest land use class in the 1500-2000 m and >2000 m elevation classes. Additionally, NDVI showed a positive correlation with ST in different elevation classes for bareland and grassland classes and a negative correlation in agricultural land, forest, and pasture land use classes.

Generally, NDVI shows an increasing trend and a positive correlation with SWV and a negative correlation with ST. These findings align with previous studies by Jiang et al. (2015) and Eskandari Damane et al. (2021c), which demonstrated a positive correlation between vegetation and soil water volume. Specifically, they observed that areas exhibiting higher soil moisture content tended to record maximum Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values.

### **Conclusions**

Therefore, combining remote sensing and reanalysis data provides a reliable database for monitoring and modeling vegetation coverage, soil moisture, and temperature, and consequently, desertification and land degradation. It is important to note that this research was conducted over an annual timescale. Further investigations are warranted to explore the monthly relationships between the analyzed indices and their implications for land degradation. Additionally, it is recommended to examine other influential variables in land degradation, such as air temperature, evapotranspiration, and precipitation.

By incorporating these additional variables and examining the monthly data, future research can provide a more comprehensive understanding of the dynamic processes influencing vegetation changes and land degradation. This will further enhance the capability to develop targeted strategies for sustainable land management and conservation efforts in Iran and similar regions.

### **Author Contributions**

**Sepideh Behroozeh:** Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Software, Resources, Writing- original draft. **Asadollah Khoorani:** Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Methodology, Project administration, Resources, Supervision, Writing- review and editing. **Hadi Eskandari Damaneh:** Data curation, Formal analysis, Software, Writing- review and editing.

### **Data Availability Statement**

Data will be made available on request.

### **Acknowledgements**

This work is based upon research funded by Iran National Science Foundation (INSF) under project No.4029264

### **Ethical considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

### **Funding**

This work is based upon research funded by Iran National Science Foundation (INSF) under project No.4029264

### **Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.



University of Tehran Press

## نشریه محیط‌شناسی

دوره ۵۰، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

Homepage: <http://Jes.ut.ac.ir>

شاپای چاپی: ۸۶۲۰-۱۰۲۵  
شاپای الکترونیکی: ۶۹۲۲-۲۳۴۵

# رابطه پوشش گیاهی با رطوبت و دمای خاک در طبقات ارتفاعی و کاربری‌های مختلف با رویکرد تخریب سرزمین در ایران

سپیده بهروزه<sup>۱</sup>، اسداله خورانی<sup>۲</sup>، هادی اسکندری دامنه<sup>۳</sup>

۱. گروه علوم جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، رایانامه: [sepidehbehrooz@yahoo.com](mailto:sepidehbehrooz@yahoo.com)

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران، رایانامه: [khoorani@hormozgan.ac.ir](mailto:khoorani@hormozgan.ac.ir)

۳. محقق بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، رایانامه: [hadi.eskandari71@gmail.com](mailto:hadi.eskandari71@gmail.com)

اطلاعات مقاله	چکیده
<p><b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۳/۰۱/۲۰</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۳/۱۰/۰۹</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۳/۱۱/۰۴</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> ۱۴۰۳/۱۲/۱۰</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b> آزمون من-کندال، ایران، روندبایی تغییرات، شاخص پوشش گیاهی، کاربری اراضی.</p>	<p><b>هدف:</b> در پژوهش حاضر برای بررسی تخریب پوشش گیاهی در کشور ایران از تأثیر دو شاخص دمای خاک (ST) و رطوبت خاک (SWV) بر روی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) استفاده گردید.</p> <p><b>روش پژوهش:</b> شاخص پوشش گیاهی از تصاویر سنجنده مودیس و شاخص ST و شاخص SWV از داده‌های بازکاوی ERA5 در بازه زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ و قدرت تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر در وسعت منطقه مورد مطالعه (کشور ایران) تهیه شدند. برای بررسی روند تغییرات این متغیرها از آزمون ناپارامتریک من-کندال و شیب تخمین‌گر سن و برای بررسی رابطه بین شاخص پوشش گیاهی و داده‌های اقلیمی از تحلیل همبستگی استفاده شد.</p> <p><b>یافته‌ها:</b> نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات بر اساس آماره Z من-کندال نشان می‌دهد که شاخص NDVI در ۸۱/۷۵ درصد، SWV در ۴۷/۰۹ درصد و ST در ۷۵/۸۴ درصد از مساحت کشور افزایشی بوده است. رابطه همبستگی NDVI با SWV در ۹۰/۴۹ درصد از مساحت کشور مثبت (<math>r &gt; 0</math>) که از این مقدار ۴۲/۲۵ درصد مثبت قوی (<math>r &gt; 0.5</math>) نشان داده شد، این در حالی است که همبستگی NDVI با ST در ۲۵/۸۴ درصد مثبت بوده که ۱/۸۷ درصد از آن مثبت قوی (<math>r &gt; 0.5</math>) نشان داده شد. بررسی نتایج همبستگی NDVI و SWV در کاربری بوته‌زار، اراضی بایر، اراضی کشاورزی و مراتع طی ۲۲ سال در ارتفاعات مختلف مثبت بوده و در کاربری جنگل این همبستگی در طبقات ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ متر و بیشتر از ارتفاع ۲۰۰۰ به صورت منفی نمایش داده شد؛ و همچنین نتایج همبستگی NDVI و ST در کاربری اراضی بایر و بوته‌زار در ارتفاعات مختلف مثبت و در کاربری کشاورزی، جنگل و مراتع با افزایش ارتفاع به صورت منفی نمایش داده شد.</p> <p><b>نتیجه‌گیری:</b> طی بازه ۲۲ ساله مورد مطالعه، پوشش گیاهی در ایران روند افزایشی داشته است. همچنین بررسی اثرگذاری پارامترهای دمای خاک و رطوبت خاک بر روی پوشش گیاهی نشان می‌دهد که پوشش گیاهی با رطوبت خاک در طبقات و کاربری‌های مختلف بیشترین همبستگی مثبت را داشته است. همین‌طور پوشش گیاهی و دمای خاک در طبقات ارتفاعی پایین و در بیشتر کاربری‌ها همبستگی منفی بیشتری داشته است. بنابراین با بررسی و تجزیه و تحلیل رابطه بین شاخص پوشش گیاهی با شاخص‌های دمای خاک و رطوبت خاک در کاربری‌ها و ارتفاعات مختلف می‌توان روند تخریب اراضی را مورد بررسی قرار داد.</p>

**استناد:** بهروزه، سپیده؛ خورانی، اسداله؛ و اسکندری دامنه، هادی. (۱۴۰۳). رابطه پوشش گیاهی با رطوبت و دمای خاک در طبقات ارتفاعی و کاربری‌های مختلف با رویکرد تخریب سرزمین در ایران. *نشریه محیط‌شناسی*، ۵۰ (۴)، ۴۳۵ - ۴۵۵. <http://doi.org/10.22059/jes.2025.374195.1008486>

©نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: 10.22059/jes.2025.374195.1008486



DOR: 20.1001.1.10258620.1403.50.4.3.6

## ۱. مقدمه

تخریب اراضی به معنای کاهش موقت یا دائمی بهره‌وری از زمین به دلیل تخریب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آن می‌باشد که تولیدات کشاورزی، کیفیت زندگی و عملکردهای اکوسیستم را به شدت تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. این پدیده مخرب به‌عنوان یکی از بحران‌های جهانی مطرح است که به فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیم وابسته است (Kumar et al., 2022) پایش و ارزیابی تخریب و شناسایی ویژگی‌های آن برای مدیریت و بهبود کیفیت اراضی ضروری است.

تأثیرات متغیرهای اقلیمی بر خاک و پوشش گیاهی متنوع و چندجانبه است. این تأثیرات می‌تواند به صورت تغییر الگوهای بارش، دما، افزایش فرسایش خاک و کاهش بهره‌وری کشاورزی، تخریب پوشش گیاهی و کاهش تنوع زیستی اعمال شوند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ رضایی، امیرتیموری و محمدزاده، ۱۴۰۳). در حال حاضر از شاخص‌های مختلفی از قبیل شاخص‌های اقلیمی، شاخص‌های پوشش گیاهی و شاخص بیابان‌زایی و غیره و روش‌های متنوعی برای پایش تخریب اراضی استفاده می‌شود (Chang et al., 2022).

در بررسی تغییرات تخریب سرزمین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدوری و اقلیمی، شاخص NDVI به عنوان یک معیار مؤثر و قدرتمند در پایش وضعیت پوشش گیاهی در شرایط مختلف معرفی شده است که به‌طور گسترده برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی و رابطه آن با پارامترهای اقلیمی و زیست‌محیطی استفاده می‌گردد (Eskandari Dameneh et al., 2021a). این شاخص نه تنها توانمندی دقیقی در تفکیک اثرات تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی دارد، بلکه در تحلیل پویایی بهره‌وری پوشش گیاهی نسبت به تغییرات اقلیمی نیز می‌تواند اطلاعات مفیدی را ارائه دهد (اسکندری‌دامنه و همکاران، ۲۰۲۲؛ Xu et al., 2023) همچنین به‌خوبی اثرات تغییرات اقلیمی مانند تغییر در متغیرهای اقلیمی دما و بارش را آشکار می‌سازد.

دمای سطح زمین یکی از اصلی‌ترین متغیرهای فیزیکی در فرایندهای سطحی زمین است که در برابر تغییرات اقلیمی و ویژگی‌های سطحی زمین در مقیاس جهانی و منطقه‌ای به خوبی واکنش نشان می‌دهد (Owen et al., 1998). همچنین این پارامتر عامل مهمی است که فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و روابط بین زمین و جو را کنترل می‌کند و تأثیر مهمی در وضعیت پوشش گیاهی و آب و خاک دارد (Urquet et al., 2018).

از این رو تغییرات در تراکم پوشش گیاهی می‌تواند حاصل از تغییرات دمای سطح زمین باشد. گسترش و پیشرفت علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در چند دهه اخیر نشان داد که سنجش از دور یک ابزار قدرتمند برای اندازه‌گیری منابع زمینی از جمله دمای خاک، رطوبت خاک و پوشش گیاهی می‌باشد (Badapalli et al., 2021) و در بسیاری از زمینه‌ها به عنوان یک ابزار مؤثر برای تجزیه و تحلیل تغییرات زمین و تخریب زمین نیز به کار می‌رود (Ayele et al., 2018).

استفاده از داده‌های بروز برای بررسی دقیق منابع زمینی از جمله دمای سطح زمین و ویژگی‌های بستر زمین و تغییرات پوشش گیاهی مفید می‌باشد. این ابزارها همچنین برای تولید نقشه‌های مرتبط با تخریب زمین نیز به کار می‌روند و در دهه‌های اخیر در بررسی فرایندهای بیابان‌زایی و تخریب زمین برای بررسی دقیق و کارآمد تخریب سرزمین مورد استفاده قرار می‌گیرند (اسکندری دامنه و همکاران، ۲۰۲۱d). این مطالعات و روش‌ها به فهم سازوکارهای تخریب سرزمین و عوامل تأثیرگذار بر آن و همچنین یافتن راهکارهایی اساسی برای مقابله با این مسایل به طور گسترده‌تر و در سطوح منطقه‌ای و جهانی، ارتقا بخشیده‌اند (Yang et al., 2020).

کشور ایران به شدت تحت تأثیر فرایندهای تخریب زمین مانند فرسایش خاک، کاهش بهره‌وری خاک و کیفیت آب قرار گرفته است، طی سال‌های گذشته اقدامات مختلفی برای احیای مناطق آسیب‌دیده انجام شده است (Kavian et al., 2018). مساله تخریب سرزمین و بیابان‌زایی از جمله مسایل بسیار حیاتی و بحرانی در زمینه زیست‌محیطی در قرن حاضر به شمار می‌آید. این موضوع یکی از چالش‌های مهم جهانی است که در سراسر کره زمین تأثیرات خود را نشان می‌دهد (AbdelRahman, 2023). این بحران زیست‌محیطی در دهه‌های اخیر به دلیل تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های نابجای انسانی به سرعت گسترش یافته است (Kang, Zhang & Biswas, 2021).

همچنین به علت تغییرات قابل ملاحظه در فرایند بارندگی و نوسانات دمایی در طول سال، عناصر اقلیمی نقش به‌سزایی در عملکرد پوشش گیاهی ایفا می‌کند (رنجبرفردوئی و همکاران، ۱۳۹۸). از این رو تجزیه و تحلیل تغییرپذیری مکانی تخریب سرزمین و بیابان‌زایی با

استفاده از بررسی پارامترهای اداکی- اقلیمی و پوشش گیاهی حاصل از داده‌های بروز، دقیق و همچنین رابطه بین این پارامترها با همدیگر در مطالعات محیطی ضروری است.

تخریب زمین به معنای کاهش موقت یا دائمی در بهره‌وری زمین، ناشی از تخریب ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. که به‌عنوان یک چالش مهم زیست‌محیطی تقریباً تمام اکوسیستم‌های زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Schulze et al., 2021). از این رو توجه زیادی را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. با توجه به اثرات گسترده تخریب زمین، از سال ۲۰۱۰ سازمان‌های بین‌المللی و منطقه‌ای برای مبارزه با تخریب اراضی و بیابان‌زدایی اقدامات متفاوتی انجام داده‌اند (Sims et al., 2019). با توسعه علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در سال‌های اخیر، شاخص‌های بسیار مناسبی برای پایش تخریب اراضی مورد استفاده قرار گرفته است. شناخت معیارها و شاخص‌ها به منظور ارایه یک مدل برای نشان دادن شدت تخریب و تعیین مهمترین عوامل مؤثر بر آن جهت جلوگیری از گسترش فاکتورهای بیابان‌زایی ضرورت دارد. در هر منطقه بسته به شرایط اقلیمی، خاک‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، و فاکتورهای مختلفی در تخریب سرزمین نقش دارند.

## ۲. پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر تحقیقات مختلفی جهت بررسی رابطه پوشش گیاهی و متغیرهای اقلیمی صورت گرفته است؛ در این زمینه Georganos و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی، تجزیه و تحلیل تغییرات سالانه و فصلی NDVI در آفریقا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تغییرات پوشش گیاهی به طور عمده به تغییر عوامل اقلیمی بستگی دارد. از این‌رو NDVI رابطه مستقیم با بارندگی و رابطه عکس با دما دارد. Gohain و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تغییرات دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بیان داشتند که تغییرات دمای سطح زمین به شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی از جمله تغییرات کاربری اراضی است و همچنین پژوهش Ullah و همکاران (۲۰۲۳) تایید کرد تغییرات دمای سطح زمین که در حال رخ دادن است می‌تواند حاصل از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی باشد. کومار و همکاران (۲۰۲۲) رابطه‌ای بین دمای اندازه‌گیری شده سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) برای ارزیابی تخریب زمین و بیابان‌زایی بررسی کردند. منطقه مورد مطالعه را براساس (NDVI) برای بررسی پوشش زمین به پنج طبقه تقسیم کردند. نتایج نشان می‌دهد که اراضی بیابانی ۶۲/۱۳ درصد، اراضی فرسوده ۹۱/۴۸ درصد، اراضی ساخته شده ۳۹/۸ درصد، اراضی پوشش گیاهی ۳۴/۲۷ درصد و توده‌های آبی ۷۱/۱ درصد در منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند.

آصف‌جاه و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی و ارتباط آن با تغییرات اقلیمی در استان فارس در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ پرداختند. روند تغییرات متغیرها با آنالیز روند من-کندال و آزمون پتیت و آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج حاصل از روند ۲۰ ساله نقشه پوشش گیاهی نشان داد در بخش‌های مرکزی شاهد تخریب پوشش گیاهی بودیم که این تخریب متأثر از مؤلفه‌های اقلیمی بوده است، به طوری که در بخش مرکزی و شمالی استان روند خشکی افزایش قابل توجهی داشته و روند بارش در این منطقه کاهش و روند دما نیز طی دوره افزایشی بوده است. در حالی که در بخش جنوبی استان که دارای اقلیم خشک بیابانی و فراخشک گرم است، روند بارش افزایشی و روند دمای خاک نیز کاهش یافته و روند پوشش گیاهی در این مناطق طی دوره افزایشی بوده است. سیلاخوری، اونق و سلیمانی ساردو (۱۳۹۸) نیز با استفاده از مدل MICD، به ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی در منطقه سبزوار پرداختند. از شاخص مؤثر خشکسالی شامل زمین‌شناسی، خشکی، بارندگی سالانه، شوری خاک، بافت خاک و درصد پوشش گیاهی بر اساس مدل IMDPA طبقه‌بندی و نقشه‌بندی شدند. وزن شاخص‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین گردید. به منظور تلفیق شاخص استاندارد شده وزنی و محاسبه خطر بیابان‌زایی از تکنیک TOPSIS و عملگرهای Fuzzy در محیط GIS استفاده شد. در نهایت نقشه مناطق مستعد بیابان‌زایی را بر اساس شدت در چهار کلاس تهیه کردند. نتایج نشان داد که شوری آب و خاک مؤثرترین شاخص‌ها در بیابان‌زایی می‌باشند.

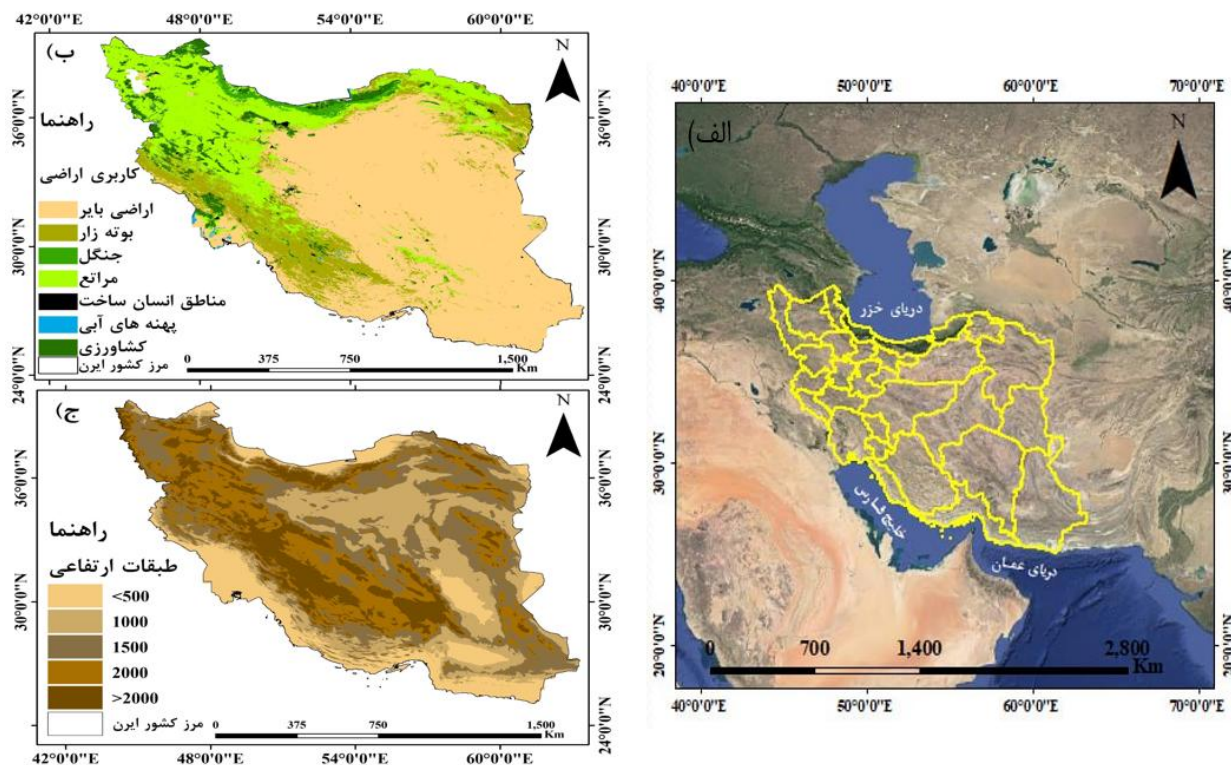
با توجه به مرور منابع انجام شده، مطالعات گذشته برای بررسی تخریب سرزمین، بیشتر به رابطه بین پوشش گیاهی با داده‌های اقلیمی دما و بارش پرداخته‌اند. اما به تأثیر شاخص‌های دمای خاک و رطوبت خاک بر روی پوشش گیاهی کمتر پرداخته شده که با توجه به اهمیت

این موضوع هدف از این پژوهش بررسی رابطه متغیرهای اقلیمی خاک و پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی و کاربری‌های مختلف در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ در کشور ایران می‌باشد.

### ۳. روش شناسی پژوهش

#### ۳-۱. منطقه مورد مطالعه

ایران با مساحت حدود ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع در جنوب‌شرقی آسیا بین عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ شمالی و در طول جغرافیایی ۴۴ تا ۶۴ شرقی قرار دارد. به طور کلی اقلیم کوهستانی و نیمه‌خشک دارد و میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریاست. مهم‌ترین رشته کوه‌های ایران البرز و زاگرس می‌باشند، که به ترتیب از غرب به شرق و از شمال غربی تا جنوب شرقی کشیده شده‌اند. این رشته کوه‌ها نقش عمده‌ای در توزیع زمانی و مکانی بارش ایفا می‌کنند، به همین دلیل بخش‌های شمالی و غربی کشور دارای اقلیم مدیترانه‌ای و نیمه‌مرطوب است. در حالی که اقلیم‌های نیمه‌خشک و بسیارخشک اغلب در بخش‌های مرکزی ایران واقع شده‌اند (درخشنده، خورانی و رضازاده، ۱۴۰۲). بیشترین میزان بارندگی در اطراف دریای خزر و غرب رشته کوه زاگرس و کمترین میزان بارندگی مربوط به مرکز و شرق کشور و به طور کلی میانگین بارندگی سالانه در ایران ۲۴۰ میلی‌متر است (Derakhshandeh, Khorani & Rezazadeh, 2023b). بخش اعظمی از کشور در کمربند مناطق خشک جهان واقع شده است و همچنین ۶۵ درصد عرصه کشور زیر پوشش اقلیم‌های خشک و ۲۰ درصد آن در دسته اقلیم‌های نیمه‌خشک و ۵ درصد هم جزو مناطق مدیترانه‌ای نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب قرار دارد. بر این اساس ۹۰ درصد عرصه کشور ما در محدوده تعریف شده سرزمین‌های مستعد خشکسالی و تخریب سرزمین قرار دارد (کریمی و نامداری، ۱۳۹۸، Khorani, Balaghi & Mohammadi, 2024). موقعیت جغرافیایی کشور ایران در جهان (شکل ۱، الف)، کاربری اراضی (شکل ۱، ب) و طبقات ارتفاعی (شکل ۱، ج) در شکل ۱ نشان داده شد.



شکل ۱. الف: موقعیت کشور ایران در جهان، ب) نقشه کاربری اراضی و ج) نقشه مدل رقومی ارتفاعی ایران (منبع یافته‌های تحقیق)



### ۲-۳. داده‌های ماهواره‌ای

برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی از محصول شاخص پوشش گیاهی نرمالیزه شده (NDVI<sup>1</sup>) حاصل از ماهواره ترانسجنده مودیس (MOD13A3) و همچنین داده‌های اقلیمی رطوبت خاک (SWV<sup>2</sup>) بر حسب مترمکعب بر مترمکعب و دمای خاک (ST<sup>3</sup>) بر حسب درجه سانتی‌گراد به دست آمده از داده‌های بازکاوی ERA5 در بازه زمانی ماهانه و قدرت تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر در دوره زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۱ استفاده شد.

#### ۱-۲-۳. شاخص NDVI

این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی دارد شاخص طیفی NDVI برای مطالعه پوشش گیاهی، از نظر میزان کلروفیل موجود در آن، طراحی شده است. هر چه میزان کلروفیل گیاه بیشتر باشد، شاخص NDVI نیز افزایش پیدا می‌کند (Ahmadaali et al., 2021). برای محاسبه این شاخص از رابطه (۱) استفاده شده است:

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

که در آن NIR: مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک و R: مقدار بازتاب باند قرمز سنجنده مودیس است. دامنه تغییرات این شاخص بین +۱ و -۱ است (Bhuiyan, 2008).

#### ۲-۲-۳. تهیه نقشه کاربری اراضی

از محصول MCD12Q1 سنجنده مودیس با وضوح ۵۰۰ متر برای بررسی تغییرات کاربری و پوشش سطح زمین استفاده گردید. نقشه کاربری اراضی در هفت کلاس کاربری اراضی تهیه گردید. همچنین برای بررسی طبقات ارتفاعی کشور از DEM ۳۰ متری سنجنده استر (ASTER) استفاده شده است.

جدول ۱. توصیف کاربری‌های اراضی منطقه مورد مطالعه حاصل از محصول سنجنده مودیس (Sulla-Menashe, Friedl, 2018)

کلاس	کاربری اراضی	توضیحات
۱	اراضی بایر	کمتر از ۶۰ درصد از مناطق بدون پوشش مانند شن، صخره و خاک و با پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد
۲	اراضی کشاورزی	حداقل ۶۰ درصد از سطح زمین زیر کشت است.
۳	جنگل	درختان پهن برگ خزان کننده (تاج پوشش بیش از ۲ متر) و با پوشش درختی بیش از ۶۰ درصد
۴	مراتع	غالباً با گیاهان یکساله پوشانده شده که ارتفاع آنها زیر ۲ متر باشد
۵	بوته‌زار	غالباً با گیاهان چندساله چوبی بین ۱۰ تا ۶۰ درصد که ارتفاع آنها بین ۱-۲ متر پوشیده شده باشد.
۶	پهنه‌های آبی	شامل اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها، آبگیرها، جویبارها و رودها
۷	مناطق انسان ساخت	مناطق با حداقل ۳۰ درصد سطح غیر قابل نفوذ از جمله ساختمان، آسفالت و راه‌های ارتباطی مانند شامل بزرگراه‌ها

#### ۳-۲-۳. تحلیل آماری روند شاخص‌ها

برای محاسبه روند تغییرات سالانه پوشش گیاهی، رطوبت خاک و دمای خاک در منطقه مورد مطالعه، از آزمون ناپارامتریک من-کندال و تخمین گر شیب سن استفاده شد (Mean, 1945 Kendal, 1975). آماره‌های این آزمون با استفاده از رابطه‌های (۲ تا ۵) محاسبه شد.

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_j - x_i)$$

رابطه (۲)

1. Normalized difference vegetation
2. Soil Water volumetric
3. Soil temperature

در آن S آماره آزمون من-کندال xi مقدار داده ام، xj مقدار داده لام، N تعداد داده‌ها و  $\text{sgn}(x_j - x_i)$  تابع علامت می‌باشد که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, & \text{if}(x_j - x_i) > 0 \\ 0, & \text{if}(x_j - x_i) = 0 \\ -1, & \text{if}(x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۳}$$

واریانس آماره من‌کندال با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد.

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} \left[ N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right] \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن N تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m تعداد دنباله‌ها،  $t_i$  تعداد دنباله‌ها برای i امین مقدار و t تعداد مقادیر دنباله‌ها است. جزء دوم در رابطه (۵) یک تعدیل برای دنباله‌های حساس است. آماره استاندارد شده آزمون Z از رابطه (۵) به دست آمد.

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sqrt{\text{Var}(S)}, & \text{ifs} > 0 \\ 0, & \text{ifs} = 0 \\ (S+1)/\sqrt{\text{Var}(S)}, & \text{ifs} < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۵}$$

مقدار مثبت Z روند افزایش و مقدار منفی Z روند کاهشی سری زمانی را نشان می‌دهد. همچنین برای آزمون روند افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح معنی‌داری p، اگر مقدار Z بزرگتر از  $Z_{1-p/2}$  باشد  $Z_{1-p/2}$  از جدول توزیع تجمعی نرمال استاندارد به دست می‌آید) فرض صفر رد می‌شود. برای این کار، سطح معنی‌دار  $p=0/05$  به کار می‌رود، که حالت استاندارد Z در این مطالعه  $\pm 1/96$  در نظر گرفته شد. برای تایید درستی و صحت تغییرات روند از شیب تخمین‌گر سن استفاده شد. که از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌گردد (Sen, 1968).

$$\beta = \text{Median} \left[ \frac{X_i - X_j}{i - j} \right] (\forall j > i) \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن  $\beta$  برآوردگر شیب خط روند،  $X_i$  و  $X_j$  به ترتیب مقادیر مقدار هر پیکسل در زمان ام و لام شمارنده سال می‌باشد. مقادیر مثبت آن نشان‌دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی است و همچنین مقادیر برابر صفر نشان‌دهنده عدم وجود روند است (Theil, 1950).

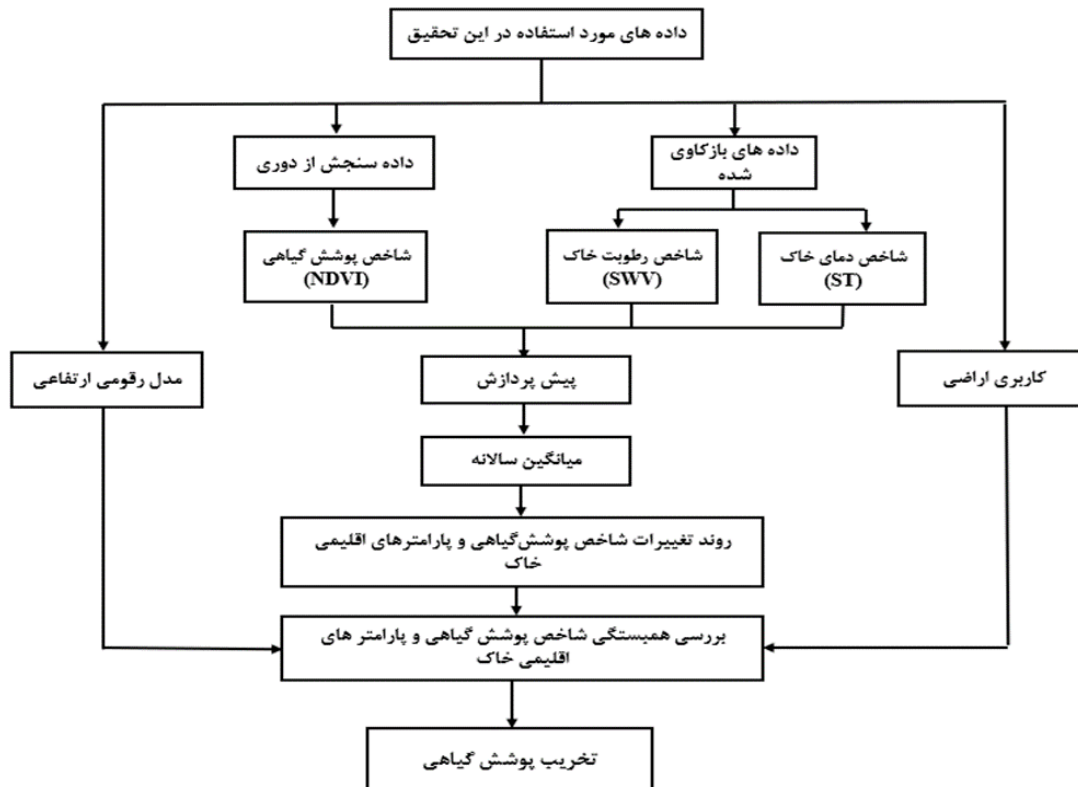
#### ۴-۲-۳. تحلیل همبستگی بین شاخص NDVI، SWV و ST

پس از بررسی روند تغییرات داده‌های اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی به بررسی همبستگی بین این شاخص‌ها با یکدیگر پرداخته شد. رابطه همبستگی پیرسون برای سری زمانی سالانه NDVI، SWV و ST به کار گرفته شد (رابطه ۸).

$$R_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه ۸}$$

$R_{x,y}$  ضریب همبستگی ساده بین x و y است،  $x_i$  مقدار شاخص مستقل سال ام،  $y_i$  متغیرهای مستقل سال ام و i شماره سال‌ها است (Li et al., 2020; Kim et al., 2019).

در این مطالعه، ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۵ مثبت قوی و ضریب همبستگی کمتر از ۰/۵- همبستگی منفی قوی در نظر گرفته شده است، که در مطالعات دیگر نیز این طبقه‌بندی مورد تایید قرار گرفته است (Sun et al., 2015). همان‌گونه که در روندنمای پژوهش حاضر مشخص شده است (شکل ۲)، داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از سنجنده مودیس و مدل اقلیمی ERA5 برای دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۲ تهیه شده است. پس از پردازش آنها روند تغییرات پوشش گیاهی در ایران از طریق بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی بر شاخص پوشش گیاهی در کاربری‌های مختلف برآورد شده است.



شکل ۲. روندنمای پژوهش

## ۴. یافته‌های پژوهش

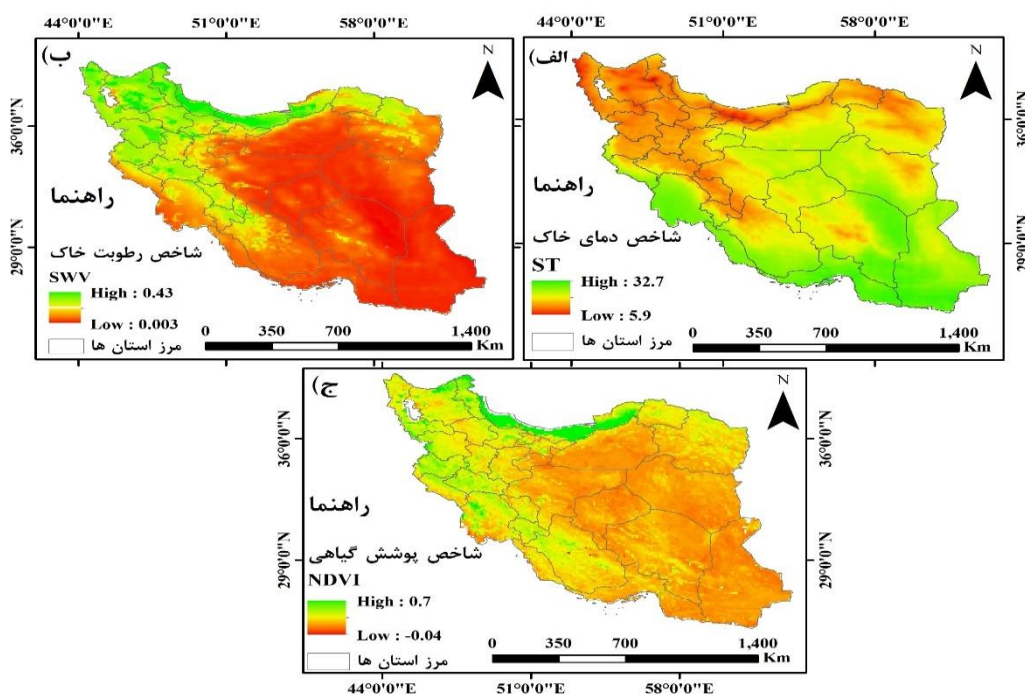
### ۴-۱. تغییرات مکانی پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک

تغییرات مکانی متوسط ۲۲ ساله شاخص‌های رطوبت خاک (SWV)، دمای خاک (ST) و پوشش گیاهی (NDVI) کشور ایران به ترتیب در شکل ۳ (الف تا ج) آورده شده است. تغییرات مکانی متوسط سالانه شاخص دمای خاک (الف) نشان می‌دهد؛ که بیشترین دمای خاک در قسمت‌های شرق، جنوب شرقی، جنوب و جنوب غربی بوده است. حداقل دمای خاک نیز در قسمت‌های شمال غربی، شمال، شمال شرقی و به صورت پراکنده در امتداد رشته کوه‌های مرکزی و شرق کشور دیده می‌شود. این مناطق معمولاً کوهستانی و مرتفع است که به علت ارتفاع بیشتر از سطح دریا و شرایط اقلیمی سردتر، دمای خاک نسبت به مناطق دیگر پایین‌تر است. همچنین مقدار متوسط دمای خاک طی دوره مورد بررسی ۲۰/۳۸ درجه سانتی‌گراد است.

تغییرات متوسط ۲۲ ساله شاخص رطوبت خاک (شکل ۳-ب) برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که کمترین مقدار رطوبت خاک در قسمت‌های شرق، جنوب شرقی، جنوب و مرکز کشور ثبت شده است. این مناطق به دلیل ویژگی‌های اقلیمی خاص خود مانند دماهای بالا، بارش‌های کم، شرایط بیابانی و نیمه‌بیابانی، رطوبت خاک پایین‌تری داشته‌اند و حداکثر مقدار متوسط آن در قسمت‌های شمال غربی،

شمال و به طور پراکنده در قسمت‌های شمال‌شرقی و غرب برآورد شده است. همچنین مقدار متوسط این شاخص ۰/۱۱ مترمکعب بر مترمکعب بوده است.

متوسط ۲۲ ساله شاخص پوشش گیاهی NDVI نیز نشان می‌دهد (شکل ۳-ج) که بیشترین مقدار این شاخص در قسمت‌های شمالی، شمال‌غربی، غرب و جنوب‌غربی می‌باشد. از سوی دیگر کمترین پوشش گیاهی در شرق، جنوب‌شرق و جنوب کشور دیده شده است. این مناطق به‌طور کلی دارای شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک هستند، که به کمبود پوشش گیاهی در این نواحی منجر شده است. نواحی کویری مانند کویر لوت و کویر مرکزی ایران و همچنین مناطق جنوبی که تحت تاثیر کمبود بارش و گرمای زیاد هستند، احتمالاً کمترین مقدار NDVI را دارند. مقدار متوسط این شاخص ۰/۱۳ است. که این مقدار نسبتاً پایین است و نشان‌دهنده آن است که به‌طور کلی پوشش گیاهی در ایران چندان متراکم نیست. به طوری که متوسط مقدار شاخص ۰/۱۳ نشان می‌دهد که بیشتر مناطق ایران یا دارای پوشش گیاهی اندک هستند یا این که پوشش گیاهی پراکنده‌ای دارند.

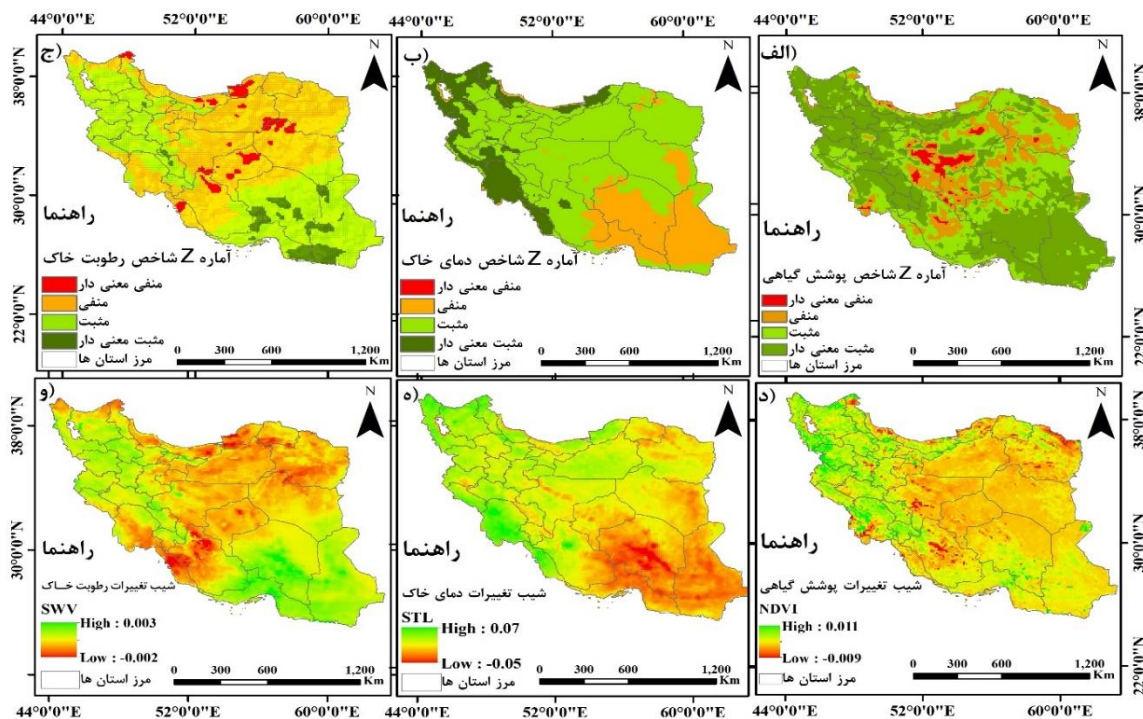


شکل ۳. میانگین ۲۲ ساله الف (ST، ب) SWV، ج) NDVI در بازه ۲۰۲۲-۲۰۰۱ (منبع یافته‌های تحقیق)

## ۲-۴. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک

روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک، رطوبت خاک و دمای خاک در دوره زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۲ در شکل ۴ (الف تا و) با استفاده از آماره Z من-کندال و شیب تخمین‌گرسن نشان داده شده است. براساس شکل ۴ (الف) روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی NDVI در ۱۸/۲۵ درصد از سطح کشور کاهش یافته که ۲/۲۱ درصد از این مقدار کاهش معنی‌دار است. در این نواحی (۱۸/۲۵ درصد از سطح کشور)، پوشش گیاهی کاهش یافته یا وضعیت آن بدتر شده است. این روند می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات منفی در شرایط اقلیمی (مانند خشکسالی‌ها)، تغییرات کاربری زمین (مانند گسترش بیابان‌ها) یا دیگر عوامل انسانی باشد. این در حالی است که در ۸۱/۷۵ درصد از سطح کشور این شاخص افزایشی است. این نواحی می‌توانند شامل مناطق با شرایط بهتری از نظر بارش، بهبود مدیریت منابع طبیعی یا توسعه‌های مثبت در زمینه کشاورزی و محیط‌زیست باشند. ۴۸/۶۹ درصد از این مقدار افزایشی معنی‌دار بوده است. شیب تخمین‌گرسن نشان می‌دهد که این شاخص در ۷۷/۸۸ درصد از سطح کشور روند افزایشی و ۲۲/۱۱ درصد از آن روند کاهش داشته است (شکل

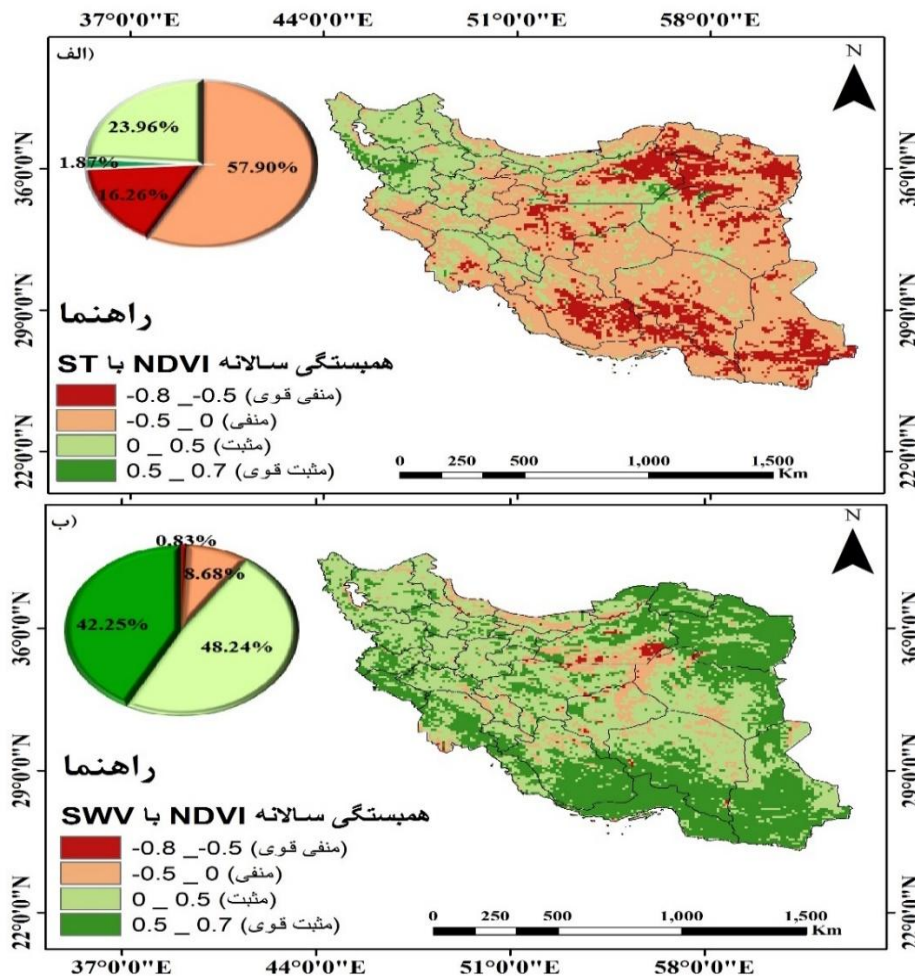
۴-د). از سوی دیگر با وجود روند افزایشی در بخش عمده‌ای از کشور، هنوز در ۱۸/۲۵ درصد از کشور روند کاهشی در پوشش گیاهی مشاهده می‌شود. این روند کاهشی در ۲/۲۱ درصد از کشور از نظر آماری معنی‌دار بوده است. بررسی تغییرات روند شاخص دمای خاک در شکل ۴ (ب) نشان می‌دهد که دمای خاک در ۲۴/۱۶ درصد از کشور کاهشی، در ۰/۰۴ درصد از این مقدار روند کاهشی معنی‌دار داشته است؛ همچنین در ۷۵/۸۴ درصد از کشور روند افزایشی و در ۱۴/۹۰ درصد از این مقدار روند افزایشی معنی‌دار ثبت شده است. بررسی شیب تخمین‌گر سن این شاخص نیز این نتایج را تایید می‌کند به طوری که در ۲۴/۲۰ درصد از مساحت کشور روند این شاخص کاهشی و در ۷۵/۷۹ درصد از مساحت کشور روند افزایشی داشته است (شکل ۴-ه). نتایج بررسی تغییرات شاخص رطوبت خاک در شکل ۴ (ج) نشان می‌دهد که در ۵۲/۹۱ درصد از سطح کشور روند کاهشی و در ۳/۴۰ درصد از این مقدار در مساحت کشور روند کاهشی معنی‌دار بوده است. همچنین بر اساس شیب تخمین‌گر سن در ۵۲/۹۶ درصد از سطح کشور روند کاهشی و ۴۷/۰۴ درصد از این مقدار در سطح کشور این روند افزایشی داشته است (شکل ۴-و).



شکل ۴. آماره Z (الف) NDVI، (ب) ST، (ج) SWV شیب تغییرات شاخص (د) NDVI، (ه) ST، (و) SWV در بازه ۲۰۰۱-۲۰۲۲ (منبع یافته های تحقیق)

#### ۴-۳. همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک

رابطه همبستگی بین پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک، دما و رطوبت خاک در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ در شکل (۵ الف و ب) نشان داده شده است. رابطه همبستگی بین NDVI و شاخص ST در شکل (۵-الف) نشان داد که در ۷۴/۱۶ درصد از مساحت کشور بین این دو شاخص همبستگی منفی وجود داشته است. ۱۶/۲۵ درصد از این مقدار در مساحت کشور همبستگی منفی قوی بوده است. این در حالی است که در ۲۵/۸۴ درصد از سطح کشور همبستگی بین این دو شاخص مثبت بوده که حدود ۱/۸۷ درصد از آن همبستگی مثبت قوی بوده است. همبستگی بین NDVI و SWV در شکل (۵-ب) نشان می‌دهد که این رابطه همبستگی در ۹/۵۰ درصد از کشور منفی بوده که از این مقدار ۰/۸۲ درصد در سطح کشور رابطه منفی قوی وجود داشته است. همچنین در ۹۰/۴۹ درصد از سطح کشور رابطه بین این دو شاخص مثبت و حدود ۴۲/۲۵ درصد از این مقدار همبستگی مثبت قوی داشته است.



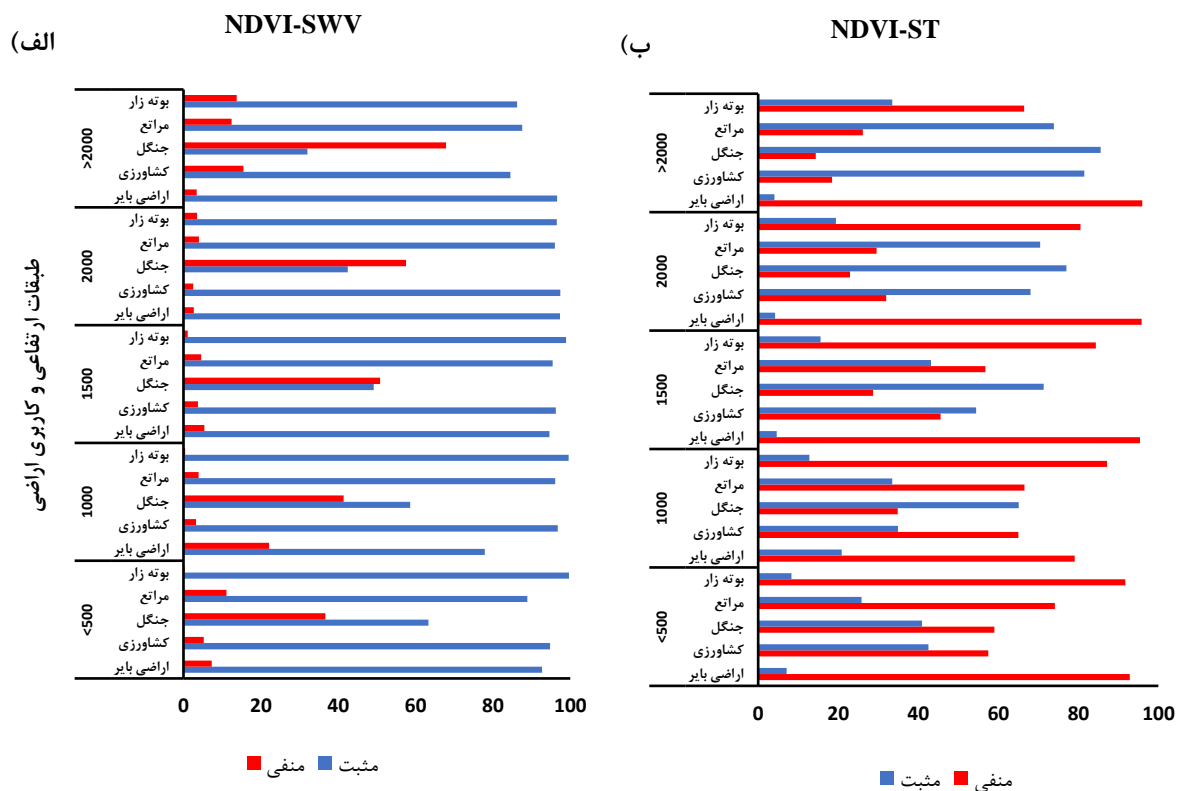
شکل ۵. الف) همبستگی بین NDVI و SWV (ب) همبستگی NDVI و ST در بازه زمانی سال ۲۰۲۲-۲۰۰۱ (منبع یافته های تحقیق)

#### ۴-۴. همبستگی بین شاخص‌های NDVI, SWV, ST در کاربری‌ها و طبقات مختلف ارتفاعی

همبستگی بین پوشش گیاهی و پارامترهای دما و رطوبت خاک در ارتفاعات و کاربری‌های مختلف در شکل‌های (۶-الف و ب) آورده شده است. بررسی نتایج همبستگی بین شاخص NDVI و SWV نشان داد (شکل ۶-الف) که در ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر در کاربری اراضی بایر ۹۲/۷۰ درصد، کشاورزی ۹۴/۷۷ درصد، جنگل ۶۳/۳۲ درصد، مراتع ۸۸/۸۶ درصد و بوته‌زار ۹۹/۷۰ درصد همبستگی مثبت و در کاربری جنگل ۳۶/۶۸ درصد از مساحت همبستگی منفی است. در ارتفاع ۱۰۰۰ متر در کاربری اراضی بایر ۷۷/۸۸ درصد، کشاورزی ۹۶/۷۸ درصد جنگل ۵۸/۵۸ درصد، مراتع ۹۶/۰۷ درصد و بوته‌زار ۹۹/۵۸ درصد همبستگی مثبت و در کاربری‌های اراضی بایر ۲۲/۱۲ درصد و جنگل ۴۱/۴۲ درصد همبستگی منفی است. در ارتفاع ۱۵۰۰ متر در کاربری اراضی بایر ۹۴/۶۲ درصد، کشاورزی ۹۶/۲۹ درصد، جنگل ۴۹/۲۰ درصد، مراتع ۹۵/۴۴ و بوته‌زار ۹۸/۸۹ درصد همبستگی مثبت و در کاربری جنگل ۵۰/۸۰ درصد و مراتع ۴/۵۶ درصد منفی است. در ارتفاع ۲۰۰۰ متر در کاربری اراضی بایر ۹۷/۳۶ درصد، کشاورزی ۹۷/۴۶ درصد، مراتع ۹۶/۰۴ درصد و بوته‌زار ۹۶/۵۲ درصد همبستگی مثبت و در کاربری جنگل نیز ۵۷/۶۴ درصد همبستگی منفی می‌باشد. در ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر در کاربری اراضی بایر ۹۶/۵۶ درصد، کشاورزی ۸۴/۵۱ درصد، جنگل ۸۷/۵۹ درصد، مراتع و بوته‌زار ۸۶/۲۵ درصد همبستگی مثبت و همچنین در کاربری جنگل در ۶۷/۹۱ درصد همبستگی منفی بوده است.

بررسی نتایج همبستگی بین شاخص NDVI و ST در ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر نشان می‌دهد (شکل ۶-ب) که این همبستگی در

کاربری کشاورزی ۴۲/۵۳ درصد، جنگل ۴۰/۹۹ درصد از سطح کشور همبستگی مثبت و در کاربری اراضی بایر ۹۲/۸۶ درصد، مراتع ۷۴/۱۷ درصد و بوته‌زار ۹۱/۷۱ درصد از مساحت کشور منفی است. همچنین این دو شاخص در ارتفاع ۱۰۰۰ متر در کاربری جنگل ۶۵/۳۴ درصد همبستگی مثبت و در کاربری اراضی بایر ۷۹/۱۳ درصد، کشاورزی ۶۵/۰۶ درصد، مراتع ۶۶/۵۳ درصد و بوته‌زار ۸۷/۲۲ درصد از مساحت همبستگی منفی است. نتایج همبستگی در ارتفاع ۱۵۰۰ متر نشان می‌دهد که در کاربری جنگل در ۷۱/۳۳ درصد از مساحت کشور همبستگی مثبت و همچنین در کاربری اراضی بایر ۹۵/۳۹ درصد، کشاورزی ۴۵/۵۶ درصد، مراتع ۵۶/۸۲ درصد و بوته‌زار ۸۴/۴۰ درصد همبستگی منفی وجود دارد. این دو شاخص در ارتفاع ۲۰۰۰ متر در کاربری کشاورزی ۶۸/۰۴ درصد، جنگل ۷۷/۰۲ درصد، مراتع ۷۰/۴۴ درصد از مساحت کشور همبستگی مثبت و در کاربری اراضی بایر ۹۵/۸۰ درصد و بوته‌زار ۸۰/۵۸ درصد همبستگی منفی نشان داده‌اند. در ارتفاع بیشتر از ۲۰۰۰ متر در کاربری کشاورزی ۸۱/۵۳ درصد، جنگل ۸۵/۶۱ درصد، مراتع ۷۳/۸۷ درصد نیز درصد همبستگی مثبت و در کاربری اراضی بایر ۹۷/۹۷ درصد و بوته‌زار ۶۶/۴۷ درصد همبستگی منفی حاکم بوده است.



شکل ۶. همبستگی بین NDVI و SWV (الف)، NDVI و ST (ب) در ارتفاعات و کاربری‌های مختلف در بازه زمانی سال ۲۰۲۲-۲۰۰۱ (منبع یافته‌های تحقیق)

## ۵. بحث

تخریب اراضی به عنوان یک چالش مهم زیست‌محیطی تقریباً تمام اکوسیستم‌های زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد از این رو توجه زیادی را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. با توسعه علم سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در سال‌های اخیر، شاخص‌های بسیار مناسبی از جمله شاخص‌های پوشش گیاهی، رطوبت خاک و دمای خاک برای پایش و تخریب اراضی مورد استفاده قرار گرفته است. به همین منظور در این تحقیق با هدف بررسی رابطه متغیرهای اقلیمی خاک و پوشش گیاهی در طبقات ارتفاعی و کاربری‌های مختلف در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ در کشور ایران می‌باشد. بررسی روند تغییرات این شاخص‌ها براساس آزمون Z من-کنندال و شیب تخمین‌گرسن نشان داد که پوشش گیاهی به‌طور کلی در کشور روند افزایشی داشته است. به طوری که در این دوره زمانی ۸۱/۷۵ درصد از

مساحت کشور روند افزایشی نشان داده است، که قسمت عمده آن در شمال غرب و جنوب شرق کشور مشاهده شد. نتایج نشان‌دهنده بیشترین رطوبت خاک و کمترین دمای خاک در این مناطق می‌باشد. نتایج Ghorbanian و همکاران (۲۰۲۲) این یافته را تایید می‌کند. این محققان در پژوهش خود ارتباط بین بارش و پوشش گیاهی را در ایران مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که تغییرات بارش تأثیر قابل توجهی بر پوشش گیاهی دارد و روند افزایشی پوشش گیاهی در شمال، شمال غربی، جنوب شرقی و همین‌طور امتداد رشته کوه‌های البرز و زاگرس مشاهده شد. غفاریان مالمیری و زارع، (۱۳۹۹) در مطالعه خود به بررسی تغییرات پوشش گیاهی ایران پرداختند نتایج آنها نشان‌دهنده تغییرات معنی‌داری در مناطق شرقی و شمال غرب ایران می‌باشد. این روند افزایشی به عوامل مختلفی مانند تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی نسبت داده شد.

بررسی همبستگی پوشش گیاهی با دو شاخص ST و SWV نشان داد که ارتباط بین شاخص NDVI و شاخص SWV در ۹۰/۴۹ درصد از مساحت کشور مثبت است. نتایج Jiang و همکاران (۲۰۱۵) و اسکندری دامنه و همکاران (۲۰۲۱b) آن را تایید می‌کند. این پژوهشگران در مطالعه خود بیان کردند که رابطه پوشش گیاهی با رطوبت خاک مثبت بوده است. به طوری که بیشترین مقدار NDVI در مناطق داری رطوبت زیاد دیده شده است.

همچنین نتایج نشان داد که همبستگی بین شاخص NDVI و شاخص ST در ۷۴/۱۶ درصد از سطح کشور منفی و در ۲۵/۸۴ درصد مثبت بوده است. مناطق دارای همبستگی منفی در قسمت‌های شمال شرقی، جنوب شرقی، جنوب و به صورت پراکنده در جنوب غربی و مرکز ایران، و مناطق با همبستگی مثبت در مثبت منطبق بر ارتفاعات زاگرس، البرز و ارتفاعات پراکنده مرکزی است دیده می‌شود. این نتیجه با وجود روندهای مثبت در سری‌های زمانی این دو شاخص در بخش‌های وسیعی از کشور کسب شده است. همتی و کرم‌پور در سال ۲۰۲۰ در مطالعه خود روند تغییرات دمای سطح زمین در مناطقی از غرب ایران را با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که روند تغییرات دمای سطح زمین افزایشی بوده که علت عمده آن ذخیره‌سازی گرما در دوره‌های گرم سال تشخیص داده شد (Hemmati & Karampour, 2020). کریمی و قجری سال ۲۰۲۲ در مطالعه خود به پیشبینی دمای سطح زمین در ایران پرداختند و دو عامل ارتفاع و آلودگی هوا را به عنوان عوامل موثر در افزایش دمای سطح زمین شناسایی کردند (Karimi & Ghajari, 2022).

بررسی نتایج همبستگی بین پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک طی ۲۲ سال نشان داد که همبستگی پوشش گیاهی با رطوبت خاک در کاربری اراضی بایر، کشاورزی، مراتع و بوته‌زار مثبت بوده و این همبستگی در کاربری جنگل با افزایش ارتفاع منفی بوده است. همچنین همبستگی پوشش گیاهی با دمای خاک در کاربری اراضی بایر و بوته‌زار منفی نشان داده شده است. که علت آن را می‌توان محدودیت دمایی بیان کرد، در طبقات ارتفاعی بالا عامل محدودکننده، رشد پوشش گیاهی این محدودیت‌ها است (اسکندری دامنه و همکاران، ۲۰۲۱c). Ge و همکاران در سال ۲۰۲۱ در مطالعه خود بیان داشتند که عامل اصلی و محدودکننده رشد گیاهان در ارتفاعات، کاهش دما و تابش خورشیدی بوده است. در کاربری مراتع و کاربری کشاورزی با افزایش ارتفاع همبستگی بین پوشش گیاهی و پارامترهای اقلیمی خاک به صورت مثبت نمایش داده شد (Ge et al., 2021).

## ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی براساس نتایج می‌توان بیان کرد که در بازه ۲۲ ساله، پوشش گیاهی در ایران روند افزایشی داشته است. همچنین بررسی اثرگذاری پارامترهای دمای خاک و رطوبت خاک بر روی پوشش گیاهی نشان داد که پوشش گیاهی با رطوبت خاک در طبقات و کاربری‌های مختلف بیشترین همبستگی مثبت را داشته است. همین‌طور پوشش گیاهی و دمای خاک در طبقات ارتفاعی پایین و بیشتر کاربری‌ها همبستگی منفی بیشتری داشته است. بنابراین با کمک فن‌آوری‌های سنجش از راه دور و تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های ادافیکی- اقلیمی حاصل از مدل‌های بازسازی داده‌ها می‌توان میزان پوشش گیاهی، رطوبت خاک و همچنین دمای خاک را در بازه‌های زمانی متعدد پایش نمود و با توجه به کاهش تدریجی پوشش گیاهی و رطوبت خاک و افزایش دمای خاک بیابان‌زایی را هشدار داد و از پیامدهای ناشی



از آن جلوگیری کرد، همچنین با بررسی ارتباط بین این شاخص‌ها روند تخریب سرزمین را به می‌توان به خوبی بررسی کرد. در این پژوهش با توجه به وسعت منطقه و حجم داده‌ها به بررسی ارتباط بین دو پارامتر اقلیمی خاک بر روی پوشش گیاهی به صورت سالانه پرداخته شده. برای درک بهتر این تعاملات و تأثیر آنها بر تخریب اراضی، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده بر روی ارزیابی ماهانه و فصلی این پارامترها تمرکز کنند. همچنین، بررسی تأثیر شاخص‌های اقلیمی دیگر مانند دما، بارش، تبخیر و تعرق بر پوشش گیاهی و مقایسه آنها با داده‌های این مطالعه می‌تواند به شناسایی عوامل کلیدی در پیشگیری از بیابان‌زایی و تخریب سرزمین کمک کند؛ و پیشنهاد می‌شود از دیگر روش‌های روندیابی برای بررسی متغیرها استفاده شود و دلایل روند تغییرات شناسایی و مورد بررسی قرار بگیرد.

## پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

## مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: تهیه و آماده‌سازی داده‌ها، انجام محاسبات و پردازش داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله

نویسنده دوم: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله

نویسنده سوم: تهیه و آماده‌سازی داده‌ها، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

## تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

## حامی مالی

این اثر تحت حمایت مادی بنیاد ملی علم ایران (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۲۹۲۶۴» انجام شده است.

## سپاسگزاری

این اثر تحت حمایت مادی بنیاد ملی علم ایران (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۲۹۲۶۴» انجام شده است.

## ۷. منابع

اسکندری دامنه، هادی، اسکندری دامنه، حامد؛ خسروی، حسن؛ گیلوری، احمد؛ عادل‌ساردوئی، محسن (۱۴۰۰b). پایش اثرات خشکسالی بر شاخص‌های محیطی حاصل از سنجنده مودیس در بازه زمانی ۲۰۰۹-۲۰۰۱ (مطالعه موردی: مراتع استان اصفهان). مرتع. ۱۴۰۰؛ ۱۵ (۳): ۴۶۰-۴۷۶

URL: <http://rangelandstrm.ir/article-1-1067-fa.html>

اسکندری دامنه، هادی؛ غلامی، حمید؛ مهدوی، رسول؛ خورانی، اسدالله و لی، جونران (۱۴۰۰d). ارزیابی تخریب اراضی با استفاده از شاخص کارایی مصرف آب و خشکسالی (مطالعه موردی: استان فارس). نشریه علمی- پژوهشی مرتع و آبخیزداری (۱)، ۷۴ (۱)، ۱۰۳-۱۲۰. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2021.314310.1550>

اسکندری دامنه، هادی؛ غلامی، حمید؛ مهدوی، رسول؛ خورانی، اسدالله و لی، جونران (۱۴۰۱). ارزیابی روند تخریب اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی (مطالعه موردی: استان فارس). مهندسی اکوسیستم بیابان [https://deej.kashanu.ac.ir/article\\_112688.html](https://deej.kashanu.ac.ir/article_112688.html)

?lang=fa

اسکندری دامنه، هادی؛ غلامی، حمید؛ مهدوی، رسول؛ خورانی، اسداله و لی، جونران (۱۴۰۰c). پایش تخریب سرزمین و بیابان‌زایی منطقه‌های خشک

و نیمه‌خشک با تاکید بر پاسخ تولید ناخالص اولیه به متغیرهای اقلیمی در بازه‌ی ۲۰۰۱-۲۰۱۷ در استان فارس. پژوهش‌های آبخیزداری  
[10.22092/wmej.2020.342030.1317](https://doi.org/10.22092/wmej.2020.342030.1317)

آصف‌جاه، بهناز؛ اسماعیل‌پور، یحیی؛ بذرافشان، ام‌البنین؛ کشتکار، امیررضا و زمانی، حسین (۱۴۰۱). ارزیابی روند تخریب اراضی در نمونه‌های اقلیمی استان فارس با استفاده از سنجش از دور و متغیرهای اقلیمی. اکوهیدرولوژی. ۹(۴)، ۸۳۳-۸۵۱. [10.22059/ije.2023.353644.1707](https://doi.org/10.22059/ije.2023.353644.1707).  
 درخشنده، علی؛ خورانی، اسداله و رضازاده، مریم (۱۴۰۲). رونديابی بارش در ایران بر اساس داده‌های MERRA2 فیزیک زمین و فضا. ۴۹(۳)، ۶۶۹-۶۸۳. [10.22059/jesphys.2023.350125.1007465](https://doi.org/10.22059/jesphys.2023.350125.1007465)

رضایی، اعظم؛ امیرتیموری، سمیه و محمدزاده، شهرام (۱۴۰۳). بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر رانت اقتصادی بخش کشاورزی ایران (مطالعه‌ی جو آبی). نشریه محیط زیست طبیعی. ۷۷(۱)، ۱۲۳-۱۳۲. [10.22059/jne.2024.366932.2614](https://doi.org/10.22059/jne.2024.366932.2614)

رنجبرفردوئی، ابوالفضل؛ ولی، عباسعلی؛ مکرم، مرضیه و تار پناه، فریده (۱۳۹۸). بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی پوشش گیاهی و واکنش آن به عوامل محیطی در شمال استان فارس، ایران. نشریه سنجش از دور و GIS/ایران. ۱۱(۴)، ۶۱-۸۲. [10.52547/gisj.11.4.61](https://doi.org/10.52547/gisj.11.4.61)

سیلاخوری، اسماعیل؛ اونق، مجید و سلیمانی ساردو، مجتبی (۱۳۹۸). ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی با استفاده از روش TOPSIS-GIS (مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی باشتین سبزوار-خراسان رضوی). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک ۱۰(۳۵)، ۴۴-۵۹.

غفاریان مالمیری، حمیدرضا و زارع خورمیزی، هادی. (۱۳۹۹). بررسی تغییرات پوشش گیاهی ایران با استفاده از سری‌های زمانی NDVI سنجنده NOAA-AVHRR و تجزیه و تحلیل هارمونیک سری‌های زمانی (HANTS). اطلاعات جغرافیایی، ۲۹(۱۱۳)، ۱۴۱-۱۵۸. <https://www.sid.ir/paper/374642/fa>

کریمی، نعمت‌اله و نامداری، سودابه (۱۳۹۸). ارزیابی شدت و دامنه وقوع بیابان‌زایی در سطح کشور با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat و تکنیک‌های تحلیل اختلاط طیفی در فاصله سال‌های ۱۳۶۳ الی ۱۳۹۴. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۶(۲ (پیاپی ۷۵))، ۵۰۰-۵۱۵. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.119369>

محمدی، عبدالحسین؛ قضاوی، رضا؛ میرزایی، روح‌الله و ناصری، حمید رضا (۱۳۹۸). بررسی الگوی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و ارتباط آن با بارش. نشریه علمی- پژوهشی مرتع و آبخیزداری ۷۲(۳)، ۸۴۳-۸۵۲. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.280679.1381>

همتی، شهرام؛ نصیری، بهروز و کریمپور، مصطفی (۱۳۹۹). تعیین روند تغییر دمای خاک در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه. تحقیقات آب و خاک ایران. [10.22059/ijswr.2020.291490.668374](https://doi.org/10.22059/ijswr.2020.291490.668374)

## References

- AbdelRahman, M. A. (2023). An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 34(3), 767-808. <https://doi.org/10.1007/s12210-023-01155-3>
- Ahmadaali, K., Eskandari Damaneh, H., Ababaei, B., & Eskandari Damaneh, H. (2021). Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06389-1>
- Asefjahi, B., Esmailpour, Y., Bazrafshan, O., Keshtkar, A., & Zamani, H. (2022). Land degradation trend in the climatic types of Fars province using remote sensing and climatic variables. *Iranian journal of Ecohydrology*, 9(4), 833-851. [10.22059/ije.2023.353644.1707](https://doi.org/10.22059/ije.2023.353644.1707) [In Persian]
- Ayele, G. T., Tebeje, A. K., Demissie, S. S., Belete, M. A., Jemberrie, M. A., Teshome, W. M., ... & Teshale, E. Z. (2018). Time series land cover mapping and change detection analysis using geographic information system and remote sensing, Northern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 11, 1178622117751603. [doi.org/10.1177/1178622117751603](https://doi.org/10.1177/1178622117751603)
- Badapalli, P. K., Kottala, R. B., Madiga, R., & Mesa, R. (2021). Land suitability analysis and water resources for agriculture in semi-arid regions of Andhra Pradesh, South India using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Energy and Water Resources*, 1-16.
- Bhuiyan, C. (2008). Desert vegetation during droughts: response and sensitivity. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, 37, 907-912.
- Chang, J., Liu, Q., Wang, S., & Huang, C. (2022). Vegetation Dynamics and Their Influencing Factors in China from 1998 to 2019. *Remote Sensing*, 14(14), 3390. [doi.org/10.3390/rs14143390](https://doi.org/10.3390/rs14143390)
- Derakhshandeh, A., Khorani, A., & Rezazadeh, M. (2023a). Projecting spatiotemporal changes of precipitation over Iran using CORDEX regional climate models until 2100. *Journal of Earth System Science*, 133(1), 7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12040-023-02212-z>
- Derakhshandeh, A., Khorani, A., & Rezazadeh, M. (2023b). Trend analysis of precipitation in Iran based on MERRA2. *Journal of the Earth and Space Physics*, 49(3), 669-683. [10.22059/jesphys.2023.350125.1007465](https://doi.org/10.22059/jesphys.2023.350125.1007465) (in Persian)
- Eskandari Damaneh H, Eskandari Damaneh H, Khosravi H, Gilevari A, Adeli Sardooei M. (2021b). A survey on the effect of drought on environmental indices derived from the MODIS data over the 2001-2019 period (Case study: Rangelands of Isfahan province) *Journal of Rangeland*.476-460(3)15 (in Persian)
- Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Mahdavi, R., Khorani, A., & Li, J. (2022). Evaluation of land degradation trend using satellite imagery and climatic data (Case study: Fars province). *Desert Ecosystem Engineering*, 8(24), 49-64 (in Persian)
- Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Mahdavi, R., Khorani, A., & Li, J. (2021c). Monitoring Land Degradation and Desertification in the Arid and Semi-arid Regions with an Emphasis in Response to Gross Primary Production Relative to the Climatic Variables during the 2001-2017 in the Province of Fars. *Watershed Management Research Journal*, 34(1), 41-58 (in Persian)
- Eskandari Damaneh, H., Gholami, H., Mahdavi, R., Khorani, A., & Li, J. (2021d). Assessing the land degradation using water use efficiency (WUE) and drought indices (case study: Fars province). *Journal of Range and Watershed Management*, 74(1), 103-120 (in Persian)
- Ge, W., Deng, L., Wang, F., & J. Han, 2021. Quantifying the contributions of human activities and climate change to vegetation net primary productivity dynamics in China from 2001 to 2016. *Science of the Total Environment*, 773: 145648. [doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145648](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145648)
- Georganos, S., Abdi, A. M., Tenenbaum, D. E., & Kalogirou, S. (2017). Examining the NDVI-rainfall relationship in the semi-arid Sahel using geographically weighted regression. *Journal of Arid Environments*, 146, 64-74. [doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.06.004](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.06.004)
- Ghafarian Malamiri, H. R., & Zare Khormizi, H. (2020). Investigating vegetation changes in Iran using NDVI time series of NOAA-AVHRR sensor and Harmonic ANalysis of Time Series (HANTS). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 29(113), 141-158. [doi.org/10.22131/sepehr.2020.40476](https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.40476) (in Persian)
- Ghorbanian, A., Mohammadzadeh, A., & Jamali, S. (2022). Linear and non-linear vegetation trend analysis throughout Iran using two decades of MODIS NDVI imagery. *Remote Sensing*, 14(15), 3683. [doi.org/10.3390/rs14153683](https://doi.org/10.3390/rs14153683)
- Gohain, K. J., Mohammad, P., & Goswami, A. (2021). Assessing the impact of land use land cover changes on land surface temperature over Pune city, India. *Quaternary International*, 575, 259-269. [doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.052](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.052)
- Hemati, S., Nasiri, B., & Karampoor, M. (2020). Determination of soil temperature change trend in different climates of Kermanshah Province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(10), 2641-26 (in Persian)

- Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y., & Shen, W. (2015). Spatio-temporal analysis of vegetation variation in the Yellow River Basin. *Ecological Indicators*, 51, 117-126. doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.031
- Kang, J., Zhang, Y., & Biswas, A. (2021). Land degradation and development processes and their response to climate change and human activity in China from 1982 to 2015. *Remote Sensing*, 13(17), 3516. doi.org/10.3390/rs13173516
- Karimi, A., & Ghajari, Y. E. (2022). Improving land surface temperature prediction using spatiotemporal factors through a genetic-based selection procedure (Case Study: Tehran, Iran). *Advances in Space Research*, 69(9), 3258-3267. doi.org/10.1016/j.asr.2022.02.004
- karimi, N., & Namdari, S. (2019). Estimation of severity and extent of desertification in Iran using Landsat satellite images and spectral mixture analyses methods between 1984 and 2015. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2), 500-515.[In Persian]
- Kavian, A., Mohammadi, M., Gholami, L., & Rodrigo-Comino, J. (2018). Assessment of the spatiotemporal effects of land use changes on runoff and nitrate loads in the Talar River. *Water*, 10(4), 445. https://doi.org/10.3390/w10040445
- Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Methods, Oxford University Press New York.
- Khoorani, A., Balaghi, S., & Mohammadi, F. (2024). Projecting drought trends and hot spots across Iran. *Natural Hazards*, 1-14. https://doi.org/10.1007/s11069-024-06574-5
- Kim, D., Kim, J., Jeong, J., & Choi, M. (2019). Estimation of health benefits from air quality improvement using the MODIS AOD dataset in Seoul, Korea. *Environmental research*, 173, 452-461. doi.org/10.1016/j.envres.2019.03.042
- Kumar, B. P., Babu, K. R., Anusha, B. N., & Rajasekhar, M. (2022). Geo-environmental monitoring and assessment of land degradation and desertification in the semi-arid regions using Landsat 8 OLI/TIRS, LST, and NDVI approach. *Environmental Challenges*, 8, 100578. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100578
- Li, X., Liang, H., & Cheng, W. (2020). Spatio-Temporal Variation in AOD and Correlation Analysis with PAR and NPP in China from 2001 to 2017. *Remote Sensing*, 12(6), 976. https://doi.org/10.3390/rs12060976
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 245-259.
- Mohammadi, A., Ghazavi, R., Mirzaei, R., & Naseri, H. (2019). Investigation of the vegetation Cover Pattern Change Using MODIS Images and its Relation with Rainfall distribution. *Journal of Range and Watershed Managment*, 72(3), 843-852. https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.280679.1381 [In Persian]
- Owen, T. W., Carlson, T. N., & Gillies, R. R. (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International journal of remote sensing*, 19(9), 1663-1681. https://doi.org/10.1080/014311698215171
- 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 [In Persian]
- Rezaee, A., Amirtaimoori, S., & Mohammadzadeh, S. (2024). Investigation of the climatic variables' impact on the agricultural sector economic rent in Iran (Case study: irrigated barley). *Journal of Natural Environment*, 77(1), 123-132 [In Persian]
- Schulze, K., Malek, Ž., & Verburg, P. H. (2021). How will land degradation neutrality change future land system patterns? A scenario simulation study. *Environmental Science & Policy*, 124, 254-266. doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.024
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, 63(324), 1379-1389.
- silakhori, E., ownegh, M., & soleimani sardo, M. (2019). Assessment of Risk and Hazard desertification using Topsis-GIS method (Case Study: Bashtin, Sabzevar, Razavi province). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 10(35), 44-59. [In Persian]
- Sims, N. C., England, J. R., Newnham, G. J., Alexander, S., Green, C., Minelli, S., & Held, A. (2019). Developing good practice guidance for estimating land degradation in the context of the United Nations Sustainable Development Goals. *Environmental Science & Policy*, 92, 349-355. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.10.014
- Sulla-Menashe, D., & Friedl, M. A. (2018). User guide to collection 6 MODIS Land cover (MCD12Q1) product. NASA EOSDIS Land Processes DAAC: Sioux Falls, SD, USA, 2018.
- Sun, W., Song, X., Mu, X., Gao, P., Wang, F., & Zhao, G. (2015). Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 209, 87-99. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.05.002
- Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Indagationes mathematicae*, 12(85), 173.

- 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).
- Xu, Y., Dai, Q. Y., Lu, Y. G., Zhao, C., Huang, W. T., Xu, M., & Feng, Y. X. (2023). Identification of ecologically sensitive zones affected by climate change and anthropogenic activities in Southwest China through a NDVI- based spatial-temporal model. *Ecological Indicators*, 158, 111482. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111482>
- Yang, C., Li, Q., Chen, J., Wang, J., Shi, T., Hu, Z., ... & Wu, G. (2020). Spatiotemporal characteristics of land degradation in the Fuxian Lake Basin, China: Past and future. *Land Degradation & Development*, 31(16), 2446-2460. <https://doi.org/10.1002/ldr.3622>