

## Vegetation trend analysis using NDVI time series of Modis satellite in the northeast of Iran

Morteza Dastigerdi<sup>1</sup>, Mehdi Nadi<sup>\*2</sup>, Mahmoud Raeini Sarjaz<sup>3</sup>,  
Khadijeh Kiapasha<sup>4</sup>

1. M.Sc. Student of Agrometeorology, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: [mortezadastigerdi@gmail.com](mailto:mortezadastigerdi@gmail.com)
2. Corresponding Author, Assistant Prof. of Agrometeorology, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: [m.nadi@sanru.ac.ir](mailto:m.nadi@sanru.ac.ir)
3. Professor of Agrometeorology, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: [raeini@yahoo.com](mailto:raeini@yahoo.com)
4. Ph.D. Graduate of Forestry Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: [kh.kiapasha@alumni.ut.ac.ir](mailto:kh.kiapasha@alumni.ut.ac.ir)

### Article Info

**Article type:**  
Research Full Paper

**Article history:**  
Received: 05.10.2022  
Revised: 06.10.2022  
Accepted: 06.15.2022

**Keywords:**  
Mann-Kendall,  
MODIS-NDVI,  
Time series,  
Trend analysis,  
Vegetation change

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Vegetation is very important in providing organic matter, regulating the carbon cycle and exchanging energy at the surface. In recent years, climate change and global warming have created frequent events such as floods, high temperatures and droughts that can damage terrestrial ecosystems. Weather fluctuation due to climate change directly affects vegetation growth, on the other hand, vegetation respond to climate change by regulating water, energy exchange, and carbon dioxide concentrations.

**Materials and Methods:** In this study, which was conducted to investigate the trend of vegetation changes in the study area during the period 2001-2018, 16-day combined time series data of MODIS-NDVI called MOD13Q1 with a spatial resolution of 250 meters was used. In this study in order to investigate the significance trend of vegetation cover, the non-parametric Mann-Kendall method was taken. Also the relationship between vegetation changes and altitude was investigated.

**Results:** Of the total area of the study area, 52% of the area had a decreasing trend of vegetation and the rest showed an increasing trend of vegetation, although a significant decrease in vegetation at the level of 5 and 1% occurred in 36% and 32% of the area, respectively. Also, 31 and 26 percent of the study area had a significant increase in vegetation at the level of 5 and 1 percent. In the study of the relationship between Z-Kendall statistic and height, the results showed that with increasing the height of Z-Kendall statistic increases and the correlation coefficient of height with Z-statistic is about 0.62. It seems that significant positive trends in vegetation occur at higher altitudes and significant negative trends in vegetation occur at lower altitudes. 99% and altitudes of 670 and 840 were obtained for the negative trend of 95 and 99%. In other words, at altitudes above 2030 and 1860, the trend of vegetation changes is positive and at altitudes below 670 and 840 meters, the trend of vegetation changes is significantly decreasing.

**Conclusion:** The results of this study showed a significant trend of greening at altitudes of more than 2030 meters in the region. It seems that with the increase of temperature due to climate change at elevated area,

---

---

suitable temperature conditions and increasing of growing season length is provided for crop growth at altitudes. This increase in vegetation was further observed in the east and northeast of the study area. Also, the significant decrease in vegetation in low altitude areas less than 670 meters can be due to increased water requirement of low altitude plants and the occurrence of temperature stresses in these areas, which are mostly in the eastern, southern and low altitudes of the study area. However, it seems that the area between these two altitudes have not had a significant trend in vegetation changes.

---

Cite this article: Dastigerdi, Morteza, Nadi, Mehdi, Raeini Sarjaz, Mahmoud, Kiapasha, Khadijeh. 2022. Vegetation trend analysis using NDVI time series of Modis satellite in the northeast of Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29 (1), 135-150.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2022.20208.3554

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

---

## تحلیل روند پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در شمال شرق ایران

مرتضی دستی‌گردی<sup>۱</sup>، مهدی نادی<sup>۲\*</sup>، محمود رائینی سرجاز<sup>۳</sup>، خدیجه کیاپاشا<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: [mortezadastigerdi@gmail.com](mailto:mortezadastigerdi@gmail.com)
۲. نویسنده مسئول، استادیار هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: [m.nadi@sanru.ac.ir](mailto:m.nadi@sanru.ac.ir)
۳. استاد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: [raeini@yahoo.com](mailto:raeini@yahoo.com)
۴. دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: [kh.kiapasha@alumni.ut.ac.ir](mailto:kh.kiapasha@alumni.ut.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: پوشش گیاهی اهمیت زیادی در تأمین مواد آلی، تنظیم چرخه کربن و تبادل انرژی در سطح زمین دارد. در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی، رویدادهای مکرری مانند سیل، دما بالا و خشک‌سالی را ایجاد کرده که می‌تواند به اکوسیستم‌های زمینی آسیب برساند. تغییرات آب و هوایی ناشی از تغییر اقلیم مستقیماً بر رشد پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد؛ از سوی دیگر، تغییرات پوشش گیاهی نیز با تنظیم آب، تبادل انرژی و غلظت دی‌اکسیدکربن به تغییرات آب و هوایی بازخورد نشان می‌دهد.
تاریخ دریافت: ۰۱/۰۲/۲۰ تاریخ ویرایش: ۰۱/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۰۱/۰۳/۲۵	مواد و روش‌ها: در این پژوهش، که باهدف بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۱ صورت گرفت از داده‌های سری زمانی ترکیبی ۱۶ روزه MODIS-NDVI به نام MOD13Q1 با اندازه تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. جهت بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و معنی‌داری آن در این پژوهش، روش غیرپارامتری من-کندال به کار گرفته شد. هم‌چنین ارتباط روند تغییرات پوشش گیاهی با ارتفاع نیز بررسی شد.
واژه‌های کلیدی: تحلیل روند، تغییر پوشش گیاهی، سری زمانی، من-کندال، MODIS-NDVI	یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه ۵۲ درصد منطقه روند کاهشی پوشش گیاهی داشته و بقیه روند افزایش پوشش گیاهی را نشان داد که البته روند کاهش معنادار پوشش گیاهی در حدود ۵ و ۱ درصد به ترتیب در ۳۶ و ۳۲ درصد از منطقه رخ داده است. هم‌چنین ۳۱ و ۲۶ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه دارای روند افزایش

معنادار پوشش گیاهی در سطح ۵ و ۱ درصد بود. در بررسی ارتباط آماره Z من‌کندال با ارتفاع نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع آماره Z من‌کندال افزایش می‌یابد و ضریب همبستگی ارتفاع با آماره Z حدود ۰/۶۲ است. در حقیقت روندهای مثبت معنادار پوشش گیاهی در ارتفاعات بالاتر و روندهای منفی معنادار پوشش گیاهی در ارتفاعات پایین رخ می‌دهد و بررسی محل تقاطع خطوط معناداری ۹۵ و ۹۹ درصد با خط برازش یافته به ترتیب ارتفاعات ۲۰۳۰ و ۱۸۶۰ متر برای روند معنادار مثبت در حد ۹۵ و ۹۹ درصد و ارتفاعات ۶۷۰ و ۸۴۰ متر برای روند منفی در حد ۹۵ و ۹۹ درصد به‌دست آمد به عبارتی در ارتفاعات بالای ۲۰۳۰ و ۱۸۶۰ متر روند تغییرات پوشش گیاهی مثبت و در ارتفاعات کم‌تر از ۶۷۰ و ۸۴۰ متری روند تغییرات پوشش گیاهی به‌طور معناداری کاهش یافته است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش روند معنادار سبزی‌نگی پوشش گیاهی را در ارتفاعات بیش از ۲۰۰۰ متر منطقه نشان داد که در حقیقت با افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در ارتفاعات این امکان به وجود آمده که با افزایش طول دوره رشد و وقوع شرایط دمایی مناسب رشد در ارتفاعات شرایط زیستی برای رشد بیش‌تر گیاهان در ارتفاعات مناسب شده که این افزایش پوشش گیاهی بیش‌تر در شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه است. هم‌چنین روند معنادار کاهش پوشش گیاهی در مناطق کم ارتفاع کم‌تر از ۶۷۰ متر نیز می‌تواند به دلیل افزایش نیاز آبی گیاهان کم ارتفاع و وقوع تنش‌های دمایی در این نقاط باشد که این کاهش‌ها بیش‌تر در نوار شرقی، جنوبی و ارتفاعات پایین منطقه مورد مطالعه هست؛ اما به نظر می‌رسد نقاط مابین این دو حد ارتفاعی روند معناداری در تغییرات پوشش گیاهی نداشته‌اند.

استناد: دستی‌گردی، مرتضی، نادی، مهدی، رائینی سرجاز، محمود، کیاپاشا، خدیجه (۱۴۰۱). تحلیل روند پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در شمال شرق ایران. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۹ (۱)، ۱۵۰-۱۳۵.

DOI: 10.22069/jwsc.2022.20208.3554



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## مقدمه

پوشش گیاهی، به‌عنوان بخش مهمی از زمین، نقشی ضروری در تأمین مواد آلی موجودات زمینی، تنظیم چرخه کربن و ارتقای تبادل انرژی ایفا می‌کند (۱). تغییرات آب و هوایی مستقیماً بر رشد پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد؛ از سوی دیگر، تغییرات پوشش گیاهی نیز با تنظیم آب، تبادل انرژی و غلظت دی‌اکسیدکربن به تغییرات آب و هوایی بازخوردها می‌دهد (۲، ۳ و ۴). در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی، به‌ویژه گرمایش زمین، رویدادهای مکرری مانند سیل، دما بالا و خشک‌سالی را ایجاد کرده است که می‌تواند به بوم سامانه‌های زمینی آسیب برساند (۵). تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، تأثیر مستقیم روی پوشش سطح زمین دارند (۶ و ۷). تغییرات میزان بارندگی و افزایش دما از جمله تغییرات اقلیمی هستند که باعث تغییرات قابل توجهی در منابع آب و تعادل محیط‌زیست شده‌اند. از طرفی فعالیت‌های انسانی مانند افزایش جمعیت، چرای بیش‌ازحد و تغییرات کاربری اراضی که شرایط پایدار زمین را تغییر می‌دهند نیز باعث تخریب اراضی و بیابان‌زایی می‌شوند (۶ و ۷). پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل حفاظت از تنوع زیستی، ترسیب کربن و چرای دام از اهمیت بالایی برخوردار است و منبع اصلی تأمین غذا (مستقیم و غیرمستقیم) برای سایر جانداران است (۸). برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی نیازمند جمع‌آوری داده‌های زمینی است و تهیه این داده‌ها نیازمند صرف وقت و هزینه زیادی است و هم‌چنین چنین داده‌هایی نیز در کشور ما وجود ندارد. در چنین شرایطی استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای، راهی مناسب برای یافتن روند تغییرات پدیده‌های طبیعی و انسانی و پیش‌بینی برای آینده است. سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای مناسب‌ترین داده‌ها را برای بررسی روند

تغییرات پدیده‌های طبیعی و انسانی مهیا می‌کند (۹ و ۱۰). منظور از یک سری زمانی، مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری شده باشند. سیر طبیعی سری زمانی را در درازمدت روند می‌گویند (۱۱). در سال‌های اخیر استفاده از داده‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای، به ابزاری قدرتمندی برای جمع‌آوری اطلاعات درباره پویایی پوشش گیاهی در بوم سامانه‌های سراسر جهان تبدیل شده است؛ زیرا اجازه می‌دهد تا با کوتاه‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه‌بر منابع طبیعی و بوم سامانه نظارت داشته باشند (۱۲) و هم‌چنین منجر به آشکارسازی تغییرات ناگهانی و تغییراتی با روند آرام درگذر زمان می‌شود (۱۳). نمایه‌های پوشش گیاهی سنجش‌ازدوری به‌طور گسترده برای آشکارسازی روند تغییرات پوشش گیاهی، به‌ویژه در مطالعات پوشش جهانی سری‌های زمانی NDVI که از سال ۱۹۸۱ در دسترس است، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. Xiao و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از داده NOAA NDVI در دوره ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۸ در مقیاس جهانی نشان دادند که در عرض‌های جغرافیایی بالا و میانی نیم‌کره شمالی و هم‌چنین در بخش‌هایی از مناطق استوایی و نیمه استوایی، روند تدریجی بلندمدت افزایش سبزیگی (Greening) وجود دارد (۱۴). De Beurs و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از داده‌های PAL<sup>۲</sup> برای دو دوره زمانی (۱۹۸۵-۱۹۸۸ و ۱۹۹۵-۱۹۹۹) در شرق دور سیبری، سیبری شرقی، اسکاندیناوی، کانادا و شمال اروپا، تغییرات دما بر فنولوژی گیاهی را مورد بررسی قرار دادند که در نتایج پژوهش آن‌ها تغییرات چشمگیری در فنولوژی دیده شد (۱۵). De Jong و همکاران (۲۰۱۱) از نمایه‌های پوشش گیاهی برای بررسی روند

1- Greening

2- Pathfinder AVHRR Land

تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری آن با استفاده از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در استان خراسان شمالی با به کار گرفتن روش غیرپارامتری من-کندال دریافتند پوشش گیاهی در بخش‌های شرق و شمال شرق استان به‌طور معناداری افزایش یافته، درحالی‌که بخش جنوب‌غربی روند کاهشی داشته است (۱۸). کیپاشا و همکاران (۲۰۱۷a) روند بلندمدت تغییرات سبزشدگی در جنگل‌های هیرکانی را با استفاده از سری‌های زمانی GIMMS-NDVI در طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۲ بررسی کردند. نتایج آزمون تحلیل روند من-کندال در این پژوهش، روند Greening را در ۷۵/۳۵ درصد از سطح جنگل‌های هیرکانی نشان داد (۱۹). کیپاشا و همکاران (۲۰۱۷b) به بررسی روند پارامترهای فنولوژیکی سطح زمین با استفاده از سری زمانی نمایه پوشش گیاهی NDVI بر اساس داده‌های ماهواره‌ای در جنگل‌های هیرکانی ایران در بازه زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۲ پرداختند. نتایج نشان داد که تأخیر در پایان فصل رویش (EOS<sup>۳</sup>) با روند افزایشی دما مرتبط بود و قوی‌ترین روابط بین دما و پارامترهای فنولوژیکی را در غرب جنگل‌های هیرکانی یافتند، جایی که بارش فراوان بود. علاوه بر این، شروع فصل رویش (SOS<sup>۴</sup>) (SOS<sup>۴</sup>) به شدت با بارش کل و میانگین دما ارتباط دارد. این مطالعه به ما امکان می‌دهد تا محرک‌های مؤثر بر پویایی پوشش گیاهی در جنگل‌های هیرکانی ایران را بهتر تخمین بزنیم (۲۰). عبدی و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های (MOD13Q1) برای ارزیابی خشک‌سالی مکانی و زمانی جنگل‌های پهن‌برگ هیرکانی و مراتع نیمه استپی با استفاده از سری‌های زمانی طیف‌سنج تصویری با قدرت تفکیک مکانی متوسط در شمال‌شرق ایران

Greening و Browning<sup>۱</sup> با استفاده از داده GIMMS-NDVI طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۰۶ در مقیاس جهانی پرداختند که نتایج نشان داد روند Greening در نیمکره شمالی و روند Browning در نیمکره جنوبی می‌باشد (۱۶). Fensholt و همکاران (۲۰۱۲) برای ارزیابی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در دوره بلندمدت در مقیاس جهانی از داده‌های GIMMS<sup>۲</sup> (گروه مطالعات مدل‌سازی، نقشه‌برداری و آماربرداری جهانی) و MODIS مربوط به بازه سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۰ استفاده و نتایج روند حاصل از دو مجموعه داده را باهم مقایسه کردند. وضعیت Greening و Browning بر اساس هر دو داده به نسبت مشابه بود و بیش‌تر اختلافات در آمریکای جنوبی و استرالیا (نیمکره جنوبی) و نواحی قطب شمال مشاهده شد روی هم‌رفته بین دو مجموعه داده، تطابق نزدیکی وجود داشت (۱). Colditz و همکاران (۲۰۱۵) در مکزیک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ با استفاده از داده پوشش گیاهی سنجنده مودیس و استفاده از تکنیک تحلیل روند، تغییرات پوشش گیاهی را به‌دست آوردند. این مطالعه برای شناسایی روندهای قابل‌توجه گیاهی در ۱۵ سال از سری زمانی MODIS NDVI استفاده کرده است. ترکیب‌های تصویر ۱۶ روزه با تنظیم متوسط باکیفیت فیلتر شدند. رها کردن زمین در شمال مکزیک منجر به افزایش پوشش بوته‌زارها و جنگل‌های جنگلی شد. شیوه‌های مختلف استفاده از زمین به دلیل مقررات ایالتی، تعیین به‌عنوان مناطق حفاظت‌شده طبیعی و تغییر در الگوی بارش به روند در سری‌های زمانی NDVI مربوط می‌شود (۱۷). در زمینه بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در ایران می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره نمود. دستی‌گردی و همکاران (۲۰۲۲) جهت بررسی روند

3- Start of season

4- End of season

1- Browning

2- GIMMS Global Agricultural Monitoring

دارد. از طرفی دیگر تغییر اقلیم اثرات مستقیم و غیرمستقیم قابل‌توجهی بر پوشش گیاهی داشته است، هم‌چنین این تأثیر در اقلیم‌ها و پهنه‌های مختلف ارتفاعی به دلیل ایجاد شرایط نامناسب دمایی در جلگه‌ها و شرایط مناسب در بعضی از ارتفاعات بالاتر متفاوت خواهد بود بنابراین برای بررسی دقیق روند پوشش گیاهی باید تحلیل‌های روند به صورت نقطه‌ای و پیکسل به پیکسل انجام شود؛ که لزوم استفاده از تکنیک‌های بررسی روند تصاویر را نشان می‌دهد. این مطالعه به منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی بر مبنای سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌شود و با توجه به این‌که بررسی روند پیکسل به پیکسل به‌طور مجزا انجام می‌شود، نتایج آن می‌تواند برای مدیریت بهینه عرصه و شناسایی مناطق بحرانی جهت حفاظت و احیا در برابر فرسایش خاک مؤثر باشد.

### مواد و روش‌ها

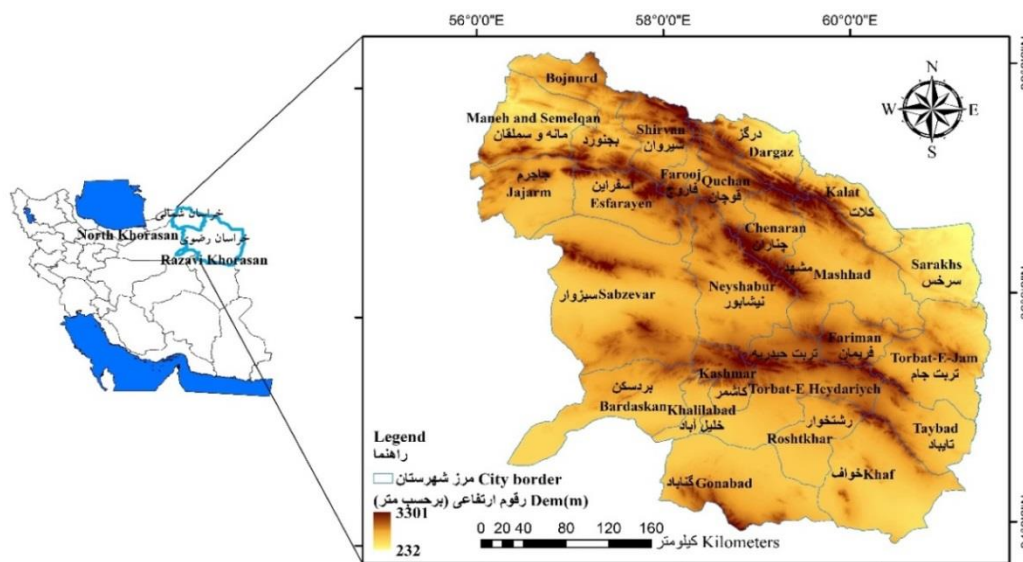
منطقه مورد مطالعه دربرگیرنده استان خراسان رضوی با وسعت ۱۱۶,۴۹۳ کیلومتر مربع است که چهارمین استان ایران از نظر وسعت است. این استان در شمال شرقی کشور بین طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این استان دارای اقلیمی خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید؛ ولی به سبب تأثیر عوامل جغرافیایی مختلف از تنوع اقلیمی برخوردار است. حداقل بارش ثبت شده حدود ۱۱۱,۵ میلی‌متر مربوط به ایستگاه هواشناسی خواف و حداکثر آن با ۳۰۶,۳ میلی‌متر مربوط به ایستگاه هواشناسی قوچان متغیر می‌باشد (۲۵). هم‌چنین استان خراسان شمالی به وسعت تقریباً ۲۸,۴۳۴ کیلومتر مربع است که ۱/۷ درصد از پهنه کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد، از نظر موقعیت جغرافیایی بین مدارهای ۳۶

مورد بررسی قرار دادن که نتایج نشان داد درحالی‌که جنگل‌های انبوه در دوره‌های خشک‌سالی تنش‌های کم‌تری را در اثر خشک‌سالی‌های شدید تجربه کردند (زیاد- کم حاشیه) در همین حال، برخی از تنش‌های شدید گیاهی در مکان‌هایی با خشک‌سالی کم (کم- زیاد دورتر) رخ داده است که نشانگر تأثیر سایر اختلالات ناشی از آب‌وهوا بر روی ناهنجاری‌های پوشش گیاهی است (۲۱). عبدالعلی‌زاده و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های لندست ۸ و لندست ۵ (TM) تأثیر فعالیت‌های انسانی را بر روی پوشش گیاهی منطقه حفاظت‌شده مکاران را بررسی کردند مراتع منطقه به‌عنوان پوشش گیاهی غالب منطقه، روند تبدیل به مراتع فقیر و بی‌کیفیت را در پیش گرفته‌اند (۲۲). عبدالعلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر OLI لندست ۸ و داده‌های میدانی کارایی ترکیب شاخص‌های پوشش گیاهی و روش‌های نمونه‌برداری میدانی برای ارزیابی تاج پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی و سخت‌گذر مانند سبلان بررسی کردند (۲۳). با توجه به این‌که دوسوم از پهنه کشور ایران در کمربند عرض جغرافیایی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است (۲۴) و به‌طورکلی بوم سامانه مناطق خشک شکننده بوده و مقاومت کمی در برابر تغییرات آب و هوایی دارد؛ بنابراین ارزیابی تأثیرات احتمالی تغییرات آب‌وهوا بر پویایی پوشش گیاهی، ضروری است. استان‌های خراسان‌رضوی و شمالی یک منطقه گذار جنگلی بوده که آخرین خطه شرقی از جنگل‌های هیرکانی را به مناطق نیمه‌خشک پیوند می‌دهد. بنابراین اهمیت اکولوژیکی فراوانی دارد. هم‌چنین مشهد دومین شهر پرجمعیت کشور در خراسان‌رضوی قرار دارد. بنابراین مطالعه دقیق و حفظ بوم سامانه منطقه اهمیت زیادی

1- Thematic Mapper  
2- Operation Land Imager

اختلاف در عرض جغرافیایی ناچیز است، اما تأثیرات آن در میزان دمای استان قابل توجه است (۲۶).

درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و بین نصف‌النهارهای ۵۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی قرار دارد. هر چند این مقدار



شکل ۱- موقعیت و نقشه رقومی منطقه مورد مطالعه.

Figure 1. Location and digital map of the study area.

روزه کل دوره می‌باشد. برای بررسی و پایش پوشش گیاهی از داده‌های نمایه NDVI آماده شده ماهواره مودیس که نیاز به ترکیب باندهای استفاده شده. این نمایه بر مبنای بازتاب دو باند طیفی با استفاده از رابطه ۱ جدول ۱ محاسبه می‌شود که در آن RNIR بازتاب باند فرورسرخ نزدیک و RRED بازتاب باند قرمز می‌باشد (۲۷). روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری آن در این پژوهش به روش غیرپارامتری من-کندال انجام گرفت. این روش ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۴۸) توسعه یافت که یکی از روش‌های غیرپارامتری بسیار متداول تحلیل روند در سری‌های زمانی است. این روش برای بررسی روند در سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند مناسب بوده و به مقادیر داده‌های پرت حساسیت چندانی ندارد (۲۸). در این روش هر مقدار NDVI در سری زمانی،

در این پژوهش، از داده‌های سری زمانی ترکیبی ۱۶ روزه MODIS-NDVI به نام MOD13Q1 با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. این داده از سال ماه مه ۲۰۰۰ در دسترس عموم هستند. سری زمانی می‌تواند به سه مؤلفه روند، فصلی و باقی‌مانده تجزیه شود. مؤلفه فصلی که دارای چرخه سالانه است و به‌طور مکرر در هر سال رخ می‌دهد، ممکن است مطالعه روند بلندمدت را مشکل کند. از این رو پیشنهاد شده است که بررسی روند بلندمدت پس از حذف مؤلفه فصلی از سری زمانی انجام گیرد. سری زمانی پس از حذف مؤلفه فصلی، بی‌هنجاری نامیده می‌شود. بی‌هنجاری در سری زمانی بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$x_i = (v_i - \mu) \quad (1)$$

که در آن،  $x_i$  بی‌هنجاری ۱۶ روزه هر پیکسل،  $v_i$  ارزش NDVI 16 روزه و  $\mu$  میانگین NDVI 16



کاهش در سری داده‌ها را نمایان می‌کند. برای بررسی معنی‌داری روند در سری داده‌ها، در صورتی که رابطه ۷ جدول ۱ برقرار باشد سری دارای روند معنادار ارزیابی می‌شود. در غیر این صورت سری زمانی بدون روند خواهد بود. معمولاً این آزمون برای حدود معنی‌دار ۹۵ و ۹۹ درصد به انجام می‌رسد؛ مقدار  $\alpha$  برای حدود اطمینان ۹۵ درصد، برابر با حدود اطمینان پنج درصد و برای حدود ۹۹ درصد برابر با یک درصد است. در حدود اطمینان ۹۵ درصد:  $Z = \pm 1/96$  و در حدود اطمینان ۹۹ درصد:  $Z = \pm 2/58$  در نظر گرفته می‌شود. برای بررسی معنی‌داری روند از آزمون من‌کنندال در نرم‌افزار IDRISI TerrSet استفاده شد.

به‌طور پیوسته و پشت سر هم با بقیه مقادیر سری مقایسه و آماره من-کنندال محاسبه می‌شود. مراحل این روش به این صورت است که نخست جمع همه مقادیر  $S$  با استفاده از رابطه ۲ جدول ۱ محاسبه می‌شود که  $n$  تعداد مشاهدات سری و  $X_j$  و  $X_k$  مقادیر بی‌هنجاری NDVI به ترتیب در زمان‌های  $i$  و  $j$ . تابع علامت  $\text{sgn}$  طبق رابطه ۳ جدول ۱ قابل محاسبه است. در مرحله بعد محاسبه واریانس  $S$  توسط یکی از روابط ۴ و ۵ جدول ۱ محاسبه شد که  $m$  معرف مجموع تکرار مقادیر و  $t$  نیز بیانگر مقادیر تکرار شده می‌باشد. در نهایت نیز آماره  $Z$  به کمک یکی از روابط ۶ جدول ۱ استخراج می‌شود (۲۸). مقادیر مثبت  $Z$  بیان‌کننده روند افزایشی است و مقادیر منفی آن روند

جدول ۱- روابط و معادلات پایش پوشش گیاهی و تحلیل روند روش من‌کنندال.

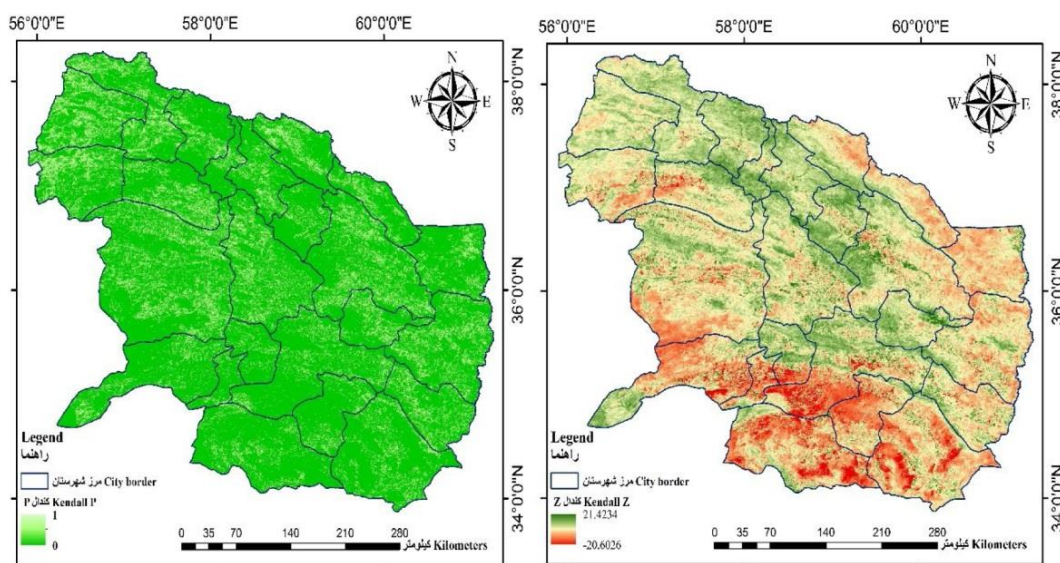
Table 1. Relationships and Equations of vegetation monitoring and analyzing the Menandal method process.

معادلات	رابطه
$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}}$	۲
$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$	۳
$\text{sgn}(x_j - x_k) = +1 \quad \text{for } (x_j - x_k) > 0$ $\text{sgn}(x_j - x_k) = 0 \quad \text{for } (x_j - x_k) = 0$ $\text{sgn}(x_j - x_k) = -1 \quad \text{for } (x_j - x_k) < 0$	۴
$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{for } n > 10$	۵
$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{for } n < 10$	۶
$z = \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} \quad \text{for } S > 0$ $z = 0 \quad \text{for } S = 0$ $z = \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} \quad \text{for } S < 0$	۷
$ Z  > Z_{1-\alpha/2}$	۸

### نتایج و بحث

در این پژوهش قبل از بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه، ابتدا تصاویر خام NDVI با فرمت HDF محصول از سایت ناسا دانلود شدند و از لحاظ آماری بررسی و تحلیل شدند. به طوری که ۴۱۴ تصویر سری زمانی شانزده روزه پوشش گیاهی نمایه NDVI با استفاده از ضرب فاکتور مقیاس<sup>۱</sup> تصاویر به حالت استاندارد بین -۱ تا +۱ درآمدند. برای ارزیابی روند سری در نرم افزار IDRISI TerrSet ابتدا تصاویر مؤلفه فصلی حذف شد. بر اساس این روش ارزش‌ها در یکایک پیکسل‌ها ناشی از فرایند فصل زدایی، کاهش می‌یابند. این کاهش ارزش‌ها ناشی از فرایند فصل زدایی، در پژوهش De Jong و همکاران

(۲۰۱۱) مسیح‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نیز تأیید شده است. سپس داده‌های NDVI فصل‌زادایی شده برای ارزیابی روند بلندمدت با استفاده از روش من‌کندال مورد بررسی قرار گرفتند (۲۹ و ۳۰). روند تغییرات نمایه NDVI در شکل ۲ نشان داد که این روند تغییرات در کل منطقه مورد مطالعه یکسان نیست، به طوری که اگر Z منفی باشد، نشان‌دهنده روند کاهشی و چنانچه Z مثبت باشد، نشان‌دهنده روند افزایشی پوشش گیاهی است که در شکل ۲ نقشه معنی‌داری منطقه طی دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۱ نشان داده شده است.



شکل ۲- پراکنش مکانی آماره‌های Z و P آزمون من‌کندال در دوره ۲۰۱۸-۲۰۰۱.

Figure 2. Spatial distribution of Z and P statistics of Man Kendall test in the period 2018-2001.

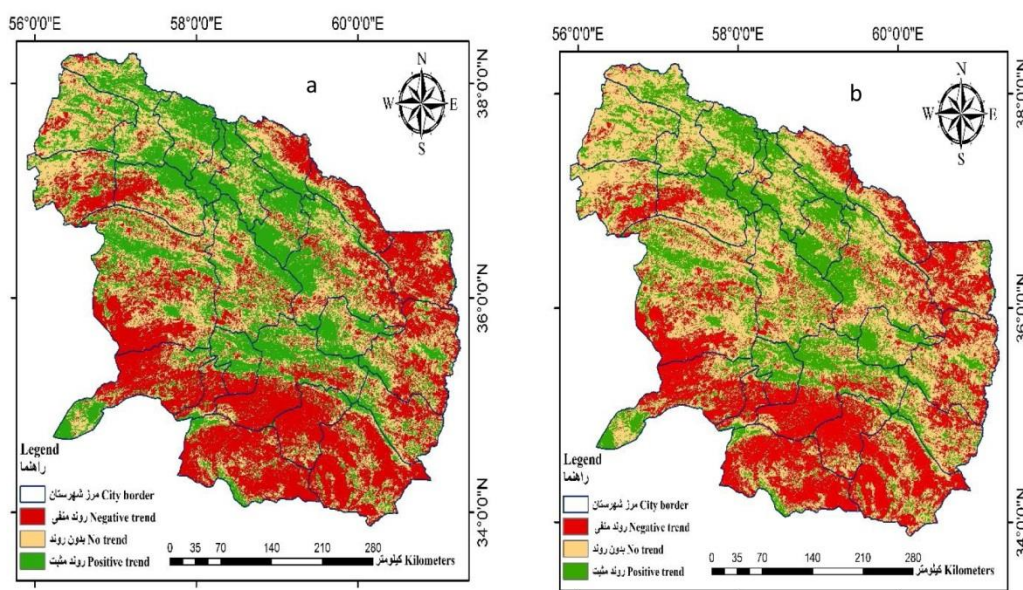
$Z = \pm 1/96$  و در حدود ۱ درصد:  $Z = \pm 2/58$  در سه محدوده کلاسه‌بندی و سپس مساحت هریک از مناطق افزایش و کاهش معنادار پوشش گیاهی محاسبه شد که بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ از کل مساحت منطقه مورد مطالعه ۵۲ درصد منطقه روند کاهشی پوشش

برای به دست آوردن روند معنادار افزایشی و کاهشی پوشش گیاهی در حدود اطمینان ۹۵ درصد و در حدود اطمینان ۹۹ درصد، در نرم‌افزار GIS نقشه آماره Z کندال را برای معنی‌داری در حدود ۵ درصد:

1- Scale Factor

از منابع آب، خاک حاصلخیز و شیب مناسب نقش مهمی در این افزایش دارند. وجود دشت‌های غیرحاصل‌خیز و هم‌چنین قسمت‌هایی از جنوب غرب به دلیل مجاورت با کویر مرکزی دارای بیش‌ترین روند کاهش پوشش گیاهی هست. بیش‌ترین روند تغییرات افزایش پوشش گیاهی معنی‌دار در شهرستان‌های مانند بجنورد، شیروان، فاروج، قوچان، چناران، فریمان و بیش‌ترین روند تغییرات کاهش پوشش گیاهی معنی‌دار در شهرستان‌های مانند اسفراین، جاجرم، کلات، سرخس، تربت‌حیدریه، تربت‌جام، تایباد، خواف، رشتخوار، گناباد، خلیل‌آباد و بردسکن می‌باشد.

گیاهی داشته و بقیه روند افزایش پوشش گیاهی را نشان می‌دهد که البته روند کاهش معنادار پوشش گیاهی در حدود اطمینان ۵ و ۱ درصد به ترتیب در ۳۶ و ۳۲ درصد از منطقه رخ داده است. هم‌چنین ۳۱ و ۲۶ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه دارای روند افزایش معنادار پوشش گیاهی در حدود اطمینان ۵ و ۱ درصد بودند. در جدول ۲ نیز درصد معنی‌داری و مساحت مناطق دارای روند و نیز بدون روند در حدودهای مختلف معنی‌داری نشان داده است. براساس نقشه توپوگرافی مناطق مرتفع استان طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۱ دارای روند افزایشی پوشش گیاهی و هم‌چنین مخروط‌افکنه‌ها به دلیل برخورداری



شکل ۳- نقشه‌های معنی‌داری در حد ۵ درصد (a) و ۱ درصد (b) روندهای مشاهده‌شده بر اساس آماره Z و P

آزمون من‌کندال از داده‌های سری زمانی مودیس طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸.

Figure 3. Significant maps of 5% (a) and 1% (b) of the observed trends based on Z and P statistics of Mann-Kendall test from Modis time series data from 2001 to 2018.

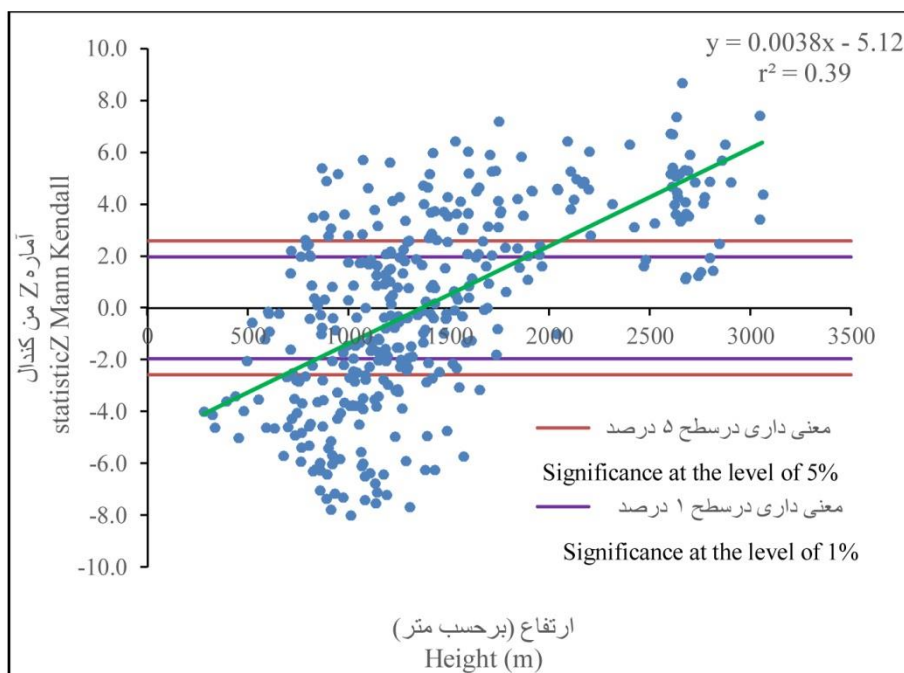
جدول ۲- مساحت مناطق دارای روند معنی‌دار مثبت و منفی در سطح ۵ و ۱ درصد.

**Table 2. Area of areas with significant positive and negative trends at the level of 5 and 1%.**

مساحت (کیلومتر مربع) Area (km <sup>2</sup> )	درصد Percent	سطح معنی‌داری ( $\alpha$ ) Significance level ( $\alpha$ )	نوع روند Type trend
46236	32	0.01	منفی Negative
62351	42	0.01	بدون‌روند No Trend
38700	26	0.01	مثبت Positive
53121	36	0.05	منفی Negative
48083	33	0.05	بدون‌روند No Trend
46084	31	0.05	مثبت Positive

روندهای منفی معنادار پوشش گیاهی در ارتفاعات پایین رخ می‌دهد و بررسی محل تقاطع خطوط معناداری ۹۵ و ۹۹ درصد با خط برازش یافته به ترتیب ارتفاعات ۲۰۳۰ و ۱۸۶۰ متر برای روند معنادار مثبت در حد ۹۵ و ۹۹ درصد و ارتفاعات ۶۷۰ و ۸۴۰ متر برای روند منفی در حد ۹۵ و ۹۹ درصد به دست آمد به عبارتی در ارتفاعات بالای ۲۰۳۰ و ۱۸۶۰ متر روند تغییرات پوشش گیاهی مثبت و در ارتفاعات کم‌تر از ۶۷۰ و ۸۴۰ متری روند تغییرات پوشش گیاهی به‌طور معناداری کاهش یافته است.

برای بررسی ارتباط آماره Z من‌کندال با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه طی ۲۰۱۸-۲۰۰۱ از یک شبکه ۳۷۰ نقطه‌ای منظم با اندازه تفکیک ۰/۲ درجه استفاده شد که در آن مقدار ارتفاع این ۳۷۰ نقطه از نقشه توپوگرافی و آماره Z من‌کندال از نقشه شکل ۲ استخراج شد که ارتباط آن‌ها به همراه حدود اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج بررسی این شکل نشان داد با افزایش ارتفاع آماره Z من‌کندال افزایش می‌یابد و ضریب همبستگی ارتفاع با آماره Z حدود ۰/۶۲ می‌باشد. در حقیقت روندهای مثبت معنادار پوشش گیاهی در ارتفاعات بالاتر و



شکل ۴- تغییرات آماره Z من کندال نسبت به ارتفاع در منطقه مورد مطالعه (خطوط افقی حد معناداری ۹۵ و ۹۹ درصد را نشان می دهد).

Figure 4. Changes in the K-Kendall Z statistic with respect to height in the study area (horizontal lines show 95 and 99% significance).

پوشش گیاهی بیش تر در شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه به وقوع پیوسته است. میزان روند کاهش پوشش گیاهی معنی دار در حدود ۱ و ۵ درصد به ترتیب ۳۱ و ۳۶ درصد از مساحت استانها را نشان می دهد که این کاهشها بیش تر در نوار شرقی، جنوبی و ارتفاعات پایین منطقه مورد مطالعه هست. هم چنین می توان گفت به احتمال ۹۹ درصد روند پوشش گیاهی در ارتفاعات بالاتر از ۲۰۳۰ متر افزایشی بوده و در مناطق با ارتفاع کم تر از ۶۷۰ متر پوشش گیاهی منطقه کاهش یافته است. البته شایان ذکر است عوامل دیگری نیز در تغییرات پوشش گیاهی مؤثر می باشند مثلاً در دهه های اخیر ممکن است علت کاهش پوشش گیاهی، بحران های مخرب طبیعی مانند جابجایی دوره های فنولوژیک گیاهان ناشی از بهار زودرس یا زمستان دیررس و بحران های انسانی مانند تخریب اراضی، و تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی و خشک شدن چشمه های طبیعی در پی خشک سالی ها

### نتیجه گیری کلی

در این پژوهش که باهدف بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در استان های خراسان رضوی و شمالی در طی دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۸ انجام گرفت، از داده های سری زمانی NDVI ۱۶ روزه سنجنده MODIS با اندازه پیکسل ۲۵۰ متر استفاده شد. براساس پیشینه پژوهش، قابلیت این داده ها و تناسب روش های متداول من-کندال، تیل-سن و OLS به کاررفته در این زمینه به تأیید جهانی رسیده است و از این رو اطمینان بیشتری به نتایج وجود دارد. براساس نتایج به دست آمده، در منطقه مورد مطالعه روند افزایش معنادار به میزان ۲۶ و ۳۱ درصد سبزیگی پوشش گیاهی به ترتیب در حدود ۱ و ۵ درصد مشاهده شد که این افزایش بیش تر در ارتفاعات استان رخ داده است که با افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم، شرایط زیستی برای گیاهان در ارتفاعات متناسب شده است که البته این افزایش

بخشی از داده‌های این پژوهش برگرفته از سایت شبکه ماهواره‌ای NASA است، که همه داده‌ها از طریق لینک [/https://modis-land.gsfc.nasa.gov](https://modis-land.gsfc.nasa.gov) قابل دانلود هستند.

### تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

### مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این متن به شکل ذیل است: نویسنده اول: دسترسی و آماده‌سازی داده‌ها، آنالیز داده‌ها و ترسیم نقشه‌ها. نویسنده دوم: روش‌شناسی، طرح تحقیق، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله. نویسنده سوم و چهارم: نظارت بر تحقیق و اصلاح مقاله.

### اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

### حمایت مالی

حمایت مالی از این پژوهش در قالب پژوهانه پژوهشی اعطاشده برای انجام پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد از طرف دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ساری بوده است.

و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باشد و یا عواملی مانند استفاده از آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و کاهش وابستگی مردم محلی در بعضی مناطق به a جنگل و مرتع ممکن است موجب افزایش پوشش گیاهی شده باشد که پژوهش‌های تکمیلی شامل بررسی روند تغییرات عوامل اقلیمی اصلی تأثیرگذار بر فعالیت پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با روند تغییرات پوشش گیاهی می‌تواند در جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و حفظ بوم سامانه منطقه مناسب برای انجام مدیریت بهینه عرصه و شناسایی مناطق بحرانی جهت حفاظت و احیا در برابر فرسایش خاک رواناب و معیشت و ... مؤثر خواهد بود. تحقیقات تکمیلی شامل بررسی روند تغییرات عوامل اقلیمی اصلی تأثیرگذار بر فعالیت پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با روند تغییرات پوشش گیاهی نیازمند شناخت هرچه بیشتر بوم سامانه این منطقه است.

### تقدیر و تشکر

این پژوهش در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شده و بدین وسیله از حمایت مادی و معنوی این دانشگاه تقدیر می‌گردد.

### داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

این پژوهش در آزمایشگاه کامپیوتر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به انجام رسیده و

### منابع

1. Fensholt, R., and Proud, S.R. 2012. Evaluation of earth observation based global long term vegetation trends comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series. *Remote Sensing of Environment*. 119: 131-147.
2. Bonan, G.B. 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*. 320: 1444-1449.
3. Craine, J.M., Nippert, J.B., Elmore, A.J., Skibbe, A.M., Hutchinson, S.L., and Brunsell, N.A. 2012. Timing of climate variability and grassland productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109: 9. 3401-3405.
4. Wang, D., and Alimohammadi, N. 2012. Responses of annual runoff, evaporation, and storage change to climate variability at the watershed scale. *Water Resour. Res.* 48: 5. 5546.
5. Zhou, L., Tian, Y., Myneni, R.B., Ciais, P., Saatchi, S., Liu, Y.Y., et al. 2014. Widespread decline of congo rainforest greenness in the past decade. *Nature*. 509: 7498. 86-90.
6. Luo, L., Ma, W., Zhuang, Y., Zhang, Y., Yi, S., Xu, J., Zhang, Z. 2018. The impacts of climate change and human activities on alpine vegetation and permafrost in the Qinghai-Tibet Engineering Corridor. *Ecological Indicators*. 93: 24-35.
7. Pan, N., Feng, X., Fu, B., Wang, S., Ji, F., and Pan, S. 2018. Increasing global vegetation browning hidden in overall vegetation greening: Insights from time-varying trends. *Remote Sensing of Environment*. 214: 59-72.
8. Yang, J., Weisberg, P.J., and Bristow, N.A. 2012. Landsat remote sensing approaches for monitoring long-term tree cover dynamics in semi-arid woodlands: Comparison of vegetation indices and spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment*. 119: 62-71.
9. Hashemi Darreh Badami, S., Nouraei Sefat, A., Karimi, S., and Theoretical, S. 2015. Analysis of the development trend of urban heat island in relation to land use change / cover using the time series of Landsat images. *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*. 6: 3. 28-15. (In Persian)
10. Mirahsani, M., Salman Mahini, A.R., Sufyanian, A.R., Modares, R., Jafari, R., and Mohammadi, J. 2017. Evaluation of Vegetation Water Storage Index (VSWI) Time series images of Madis sensor in drought monitoring of Gavkhooni watershed, *Journal of Applied Ecology*. 4: 47-31. (In Persian)
11. Niromand, H., and Bozornia, M. 2010. Introduction to time series. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
12. Willis, K.S. 2015. Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. *Biological Conservation*. 182: 233-242.
13. Moradi, F., Mokhtari, M.H., and Ardakhni, A. 2013. "Compare of Techniques of urban areas and changes in land use optimization models to assess changes using remote sensing and GIS". International congress of Civil and Architectural Engineering Sustainable Urban Development. Tabriz. (In Persian)
14. Xiao, J., and Moody, A. 2005. Geographical distribution of global greening trends and their climatic correlates: 1982-1998. *International Journal of Remote Sensing*. 26: 11. 2371-2390.
15. De Beurs, K.M., and Henebry, G.M. 2005. Land surface phenology and temperature variation in the International Geosphere-Biosphere Program high-latitude transects. *Global Change Biology*. 11: 5. 779-790.
16. De Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E., and Dent, D.L. 2011. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*. 115: 2. 692-702.
17. Colditz, R.R., Ressler, R.A., and Bonilla-Moheno, M. 2015. Trends in 15-year MODIS NDVI time series for Mexico. In 8th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (MultiTemp). Jul. 22-24 Annecy, France, pp. 1-4.
18. Dastigerdi, M., Nadi, M., Raeini, M., and Kiapash, Kh. 2022. Vegetation trend

- analysis using NDVI time series of Modis satellite in North Khorasan province. National Conference on Environmental Change using Remote Sensing Technology and GIS. Sari, Iran. (In Persian)
19. Kiapasha, K., Darvishsefat, A.A., Zargham, N., Attarod, P., Nadi, M., and Schaepman, M. 2017a. Greening trend in the Hyrcanian forests using NOAA NADVI time series during 1981-2012. *Forest and Wood Products*. 70: 3. 409-420. (In Persian)
  20. Kiapasha, K., Darvishsefat, A., Julien, Y., Sobrino, J., Zargham, N., Attarod, P., Schaepman, M. 2017b. Trends in Phenological Parameters and Relationship Between Land Surface Phenology and Climate Data in the Hyrcanian Forests of Iran. In *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10: 11. 4961-4970.
  21. Abdi, O., Shirvani, Z., and Buchroithner, M.F. 2018. Spatiotemporal drought evaluation of Hyrcanian deciduous forests and semi-steppe rangelands using moderate resolution imaging spectroradiometer time series in Northeast Iran. *Land Degrad Dev*. 29: 2525-2541.
  22. Abdolalizadeh, Z., Ebrahimi, A., and Mostafazadeh, R. 2019. Landscape pattern change in Marakan protected area, Iran. *Reg Environ Change*. 19: 1683-1699.
  23. Abdolalizadeh, Z., Ghorbani, A., Mostafazadeh, R., and Moameri, M. 2020. Rangeland canopy cover estimation using Landsat OLI data and vegetation indices in Sabalan rangelands, Iran. *Arabian Journal of Geoscience*. 245: 13.
  24. Akbarzadeh, M., and Mirhaji, S.T. 2006. Vegetation changes under precipitation in Steppic rangelands Rudshur. *Iranian Journal of range and desert research*. 13: 3. 222-235. (In Persian)
  25. Arefzadeh, M., Race Abbasi, H., Solar, M., Mahmoudzadeh, A., Shamsi, M., Farrokhi, H., Mohammadpour, T., Aghamalaei, E., Nodehi, F., and Shadloo, M. 2020. *Khorasan Razavi Province, 10th grade, high school, Iran Textbook Publishing Company, Tehran, Iran*. pp. 15-30. (In Persian)
  26. Jafari, T., Maghami Moghim, Gh., and Azimian, M. 2020. *North Khorasan Province, Tenth Grade, Secondary School, Iran Textbook Publishing Company, Tehran, Iran*. 172p. (In Persian)
  27. Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*. 8: 127-150.
  28. Wu, D., Wu, H., Zhao, X., Zhou, T., Tang, B., Zhao, W., and Jia, K. 2014. Evaluation of Spatiotemporal Variations of Global Fractional Vegetation Cover Based on GIMMS NDVI Data from 1982 to 2011. *Remote Sensing*. 6: 5. 4217-4239.
  29. De Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E., and Dent, D.L. 2011. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*. 115: 2. 692-702.
  30. Masihpour, M., Darvish Sefat, A., and Rahmani, R. 2019. Analysis of long-term trend of vegetation changes using MODIS-NDVI time series (Case study: Kurdistan province). *Forests and wood products (Iranian natural resources)*. 72: 3. 193-204. (In Persian)