

## تحلیل یک دهه پویایی گستره جنگل‌های سردشت: بینش از ادغام تصاویر ماهواره ای و شاخص های طیفی

حسین پناهی<sup>۱</sup>

زهرا عزیزی<sup>۲\*</sup>

[zazizi@srbiau.ac.ir](mailto:zazizi@srbiau.ac.ir)

هادی کیادلیری<sup>۳</sup>

سیدعلی المدرسی<sup>۴</sup>

حسین آقامحمدی<sup>۵</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

### چکیده

**زمینه و هدف:** جنگل‌های منطقه زاگرس در غرب ایران در سال‌های اخیر تغییرات زیست محیطی قابل توجهی را تجربه کرده‌اند. بررسی ساختارهای جنگلی عمودی و افقی در بازه‌های زمانی مختلف دریچه‌ای به این تحولات ارائه می‌دهد. روش‌های سنجش از دور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ابزاری مقرون به صرفه و دقیق برای نظارت بر تغییرات زمانی در مناطق جنگلی ارائه می‌دهند.

**روش بررسی:** در این مطالعه، از تکنیک‌های یکپارچه سازی تصویر و شاخص‌های طیفی برای ارزیابی مقیاس تغییرات گستره جنگل استفاده شد. در ابتدا، ادغام گرم-اشمیت برای ارتقای تصاویر ماهواره ای لندست به مرتبه چهارم وضوح فضایی استفاده شد.

**یافته‌ها:** در ادامه، تغییرات ساختار افقی جنگلی منطقه سردشت با ارزیابی سه شاخص پوشش گیاهی (LAI، EVI، NDVI) طی یک دهه (سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱) مورد بررسی قرار گرفت.

**بحث و نتیجه گیری:** این یافته‌ها کارآمدی یکپارچه سازی تصویر را در تشخیص پیکسل‌هایی با حضور درختان کوچک در کف جنگل، با NDVI به عنوان یک شاخص مناسب برای تشخیص تغییرات در ساختار افقی جنگل برجسته کرد.

**واژه های کلیدی:** سردشت، گرم اشمیت، آشکارسازی، شاخص طیفی.

- 
- ۱- دانشجوی دکتری سنجش از دور و GIS، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
  - ۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. \* (مسئول مکاتبات)
  - ۳- دانشیار گروه محیط زیست و علوم جنگل، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
  - ۴- استاد گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.
  - ۵- استادیار گروه سنجش از دور و GIS، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

# **Analysis of a Decade of Sardasht Forest Dynamics: Insights from the Integration of Satellite Imagery and Spectral Indices**

**Hossein Panahi**<sup>1</sup>

**Zahra Azizi**<sup>2\*</sup>

[zazizi@srbiau.ac.ir](mailto:zazizi@srbiau.ac.ir)

**Hadi Kiadaliri**<sup>3</sup>

**Seyed Ali Almodaresi**<sup>4</sup>

**Hossein Aghamohamadi**<sup>5</sup>

Admission Date: May 15, 2024

Date Received: January 9, 2024

## **Abstract**

**Background and Objective:** The forests of the Zagros region in western Iran have experienced notable environmental shifts in recent years. Investigating the vertical and horizontal forest structures across different timeframes offers a window into these transformations.

**Material and Methodology:** Remote sensing methods, alongside satellite imagery, present a cost-effective and accurate means to monitor temporal changes in forested areas. In this study, image integration techniques and spectral indices were employed to assess the scale of these variations.

**Findings:** Initially, Gram-Schmidt integration was used to enhance the satellite imagery to the fourth order of spatial resolution. Subsequently, changes in the horizontal forest structure of the Sardasht region were examined by evaluating three vegetation indices (NDVI, EVI, and LAI) over a decade (2011, 2015, 2018, and 2021).

**Discussion and Conclusion:** The findings highlighted the efficacy of image integration in detecting pixels with small tree presence on the forest floor, with NDVI emerging as a particularly suitable index for discerning changes in the forest's horizontal structure.

**Keywords:** Sardasht, Gram-Schmidt, Detection, Spectral Index.

---

1- PhD Student, Department of Remote Sensing and GIS, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran, Tehran.

2- Associate Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran, Tehran 1477893855, Iran. *\*(Corresponding Author)*

3- Associate Professor, Department of Environment Sciences and Forest, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

4- Professor, Department of Geography, Faculty of Humanities, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

5- Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran, Tehran 1477893855, Iran.

## مقدمه

با استفاده از داده‌های سنجش از دور تغییر پوشش جنگلی را از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ تحلیل کردند و عوامل اصلی جنگل زدایی و تخریب جنگل‌ها را شناسایی نمودند. این مطالعه اهمیت نظارت بر تغییر پوشش جنگلی برای توسعه استراتژی‌های حفاظتی مؤثر را برجسته می‌کند. در مطالعه دیگری که بینش‌های ارزشمندی را در مورد الگوهای مکانی و زمانی تغییر پوشش جنگلی در ایران ارائه نمود از داده‌های سری زمانی Landsat برای پایش تغییر پوشش جنگلی در ایران از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۸ استفاده شد و دقت روش‌های مختلف طبقه‌بندی برای نقشه‌برداری تغییر پوشش جنگلی ارزیابی گردید (۱۰).

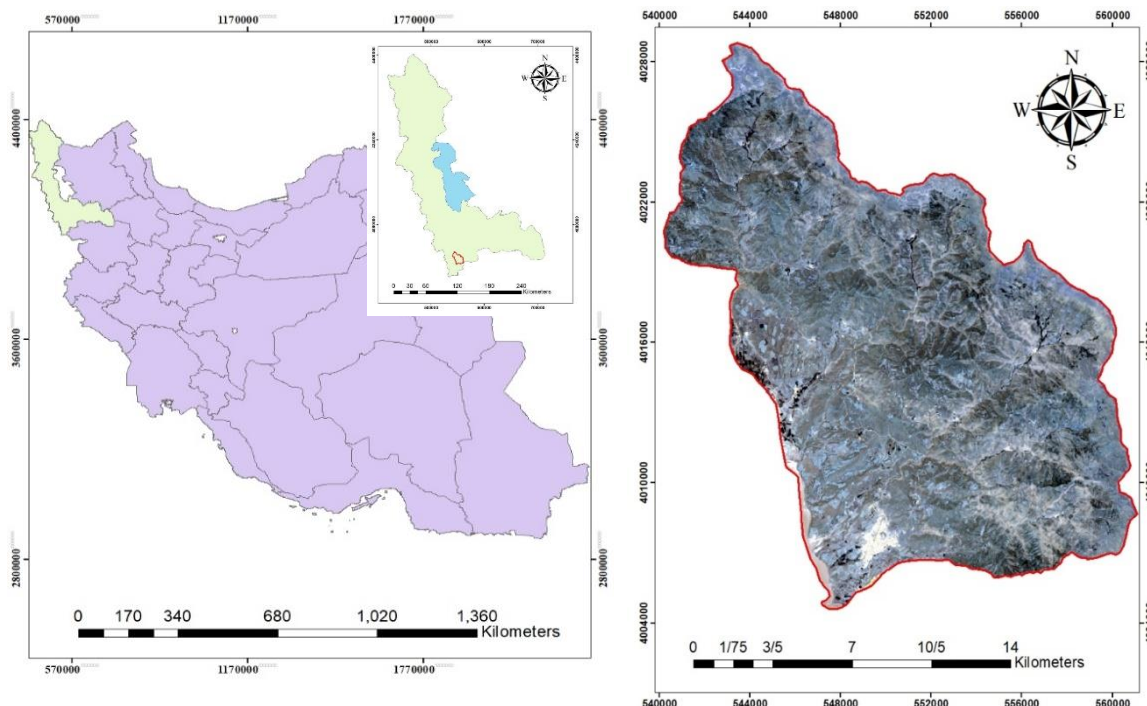
Kucuk و همکاران (۲۰۲۰) نیز الگوهای مکانی-زمانی تغییر پوشش جنگلی در ترکیه را از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۸ با استفاده از داده‌های سنجش از دور تجزیه و تحلیل نمودند و محرک‌های اصلی جنگل‌زدایی و جنگل‌کاری را شناسایی کردند. تکنیک‌های سنجش از دور برای تشخیص تغییر پوشش جنگل، از جمله طبقه‌بندی تصویر، شاخص‌های طیفی، و تجزیه و تحلیل مبتنی بر شی، مزایا و محدودیت‌های تکنیک‌های مختلف توسط محققان زیادی بررسی شده است (۳ و ۱۲). اما رویکردهای مبتنی بر شاخص‌های طیفی و آنالیز بافت به دلیل دقت بالاتر در این میان حایز اهمیت بیشتری اند (۱۳).

## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق سردشت در استان آذربایجان غربی به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شد (شکل ۱) جنگل‌های منطقه شامل گونه‌های بلوط ایرانی یا برودار (*Quercus persica*) و دارمازو (*Quercus infectoria*) و ویول هستند (۱۴). تقریباً ۶۰ درصد از واحدهای لیتولوژیکی منطقه فیلیت و ماسه سنگ است. حساسیت به فرسایش واحدهای لیتولوژیکی موجود در زیر حوزه مورد مطالعه در حد متوسط تا زیاد است و اقلیم منطقه نیز اقلیم مرطوب و سرد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی " ۳۶° ۱۹' ۵۳" تا " ۳۶° ۱۹' ۱۵" و طول جغرافیایی " ۴۵° ۲۲' ۰۰" تا " ۴۵° ۴۵' ۵۷" واقع شده است.

تغییرات اقلیمی در سراسر جهان جنگل‌ها را تحت تاثیر قرار داده اند، پیرو آن آلودگی هوا و پیدایش بیماری‌ها سلامت جنگل‌ها را در معرض خطر قرار داده اند لذا بررسی وضعیت جنگل‌ها به یک چالش بین‌المللی تبدیل شده است (۱). مدیریت پایدار منابع طبیعی مستلزم مطالعه و پایش مستمر کاربری و پوشش اراضی همراه با تغییرات آنها در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف است. امروزه تغییرات در کاربری پوشش گیاهی اراضی به دلیل برنامه ریزی نادرست و عدم مدیریت مناسب به معضلی بزرگ تبدیل شده اند، به طوری که اکثر تغییرات بدون در نظر گرفتن اثرات زیست محیطی آنها انجام می‌شود. پایش وضعیت جنگل یک گام مهم برای توسعه پایدار است و نیازمند جمع‌آوری اطلاعات بروز برای وضعیت سلامتی (آسیب به تنه درختان، تغییر در زمان خزان و غیره) جنگل است. پایش وضعیت جنگل به شاخص‌ها و معیارهایی نیازمند است (۳ و ۲). تدوین شاخص‌های مناسب برای اطلاع از کمیت، میزان و مکان کاهش سلامت جنگل یک اصل اساسی در پایش سلامت گیاهان جنگل می‌باشد. با توجه به این واقعیت که تخریب زمین در طیف گسترده‌ای رخ می‌دهد، فناوری سنجش از راه دور ابزار مفیدی در ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی سطح زمین است (۴). تکنیک‌های مدرن سنجش از دوری پتانسیل‌های لازم برای حل مشکلات پایش جنگل را دارند (۵). رویکرد مبتنی بر تکنیک سنجش از دور از صفات طیفی و تغییر در روش مکانی-زمانی برای بازیابی شاخص‌های سنجش جنگل استفاده می‌کند (۶). در دهه‌های اخیر تغییرات کاربری زمین در ایران بسیار سریع اتفاق افتاده است که روند تخریب زمین را تسریع کرده است (۷). اهمیت بررسی و پایش بینی تغییرات کاربری اراضی و توسعه و ظهور سنجنده‌های ماهواره‌ای نوین با قدرت تفکیک مکانی طیفی و توانایی بالا و پیشرفت هم‌زمان روش‌های پردازش تصاویر باعث شده تا در دهه‌های اخیر روش‌های متعددی در زمینه مدل‌سازی و پایش بینی تغییرات سطح زمین در مطالعات متعدد مورد استفاده قرار گیرد. هر یک از این مدل‌ها با استفاده از روش‌ها و داده‌های خاصی اجرا می‌شوند (۸). Pourghasemi و همکاران (۲۰۲۰)



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Geographical location of the study area

#### داده های مورد استفاده

(جدول ۱). همچنین تعداد ۲۵ نمونه زمینی نیز از بخش های مختلف منطقه در عملیات میدانی برداشت شد.

تصاویر Landsat Level-2 Surface Reflectance منطقه مورد مطالعه از سال های ۲۰۱۱، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۲ سنجنده ETM+ و OLI از طریق سامانه USGS تهیه گردید

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره ای مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

Table 1. Specifications of satellite images used in the study area

نام سنجنده	سیستم تصویر	تاریخ	ماهواره
TM	WGS84	۲۰۱۱/۰۸/۲۲	لندست ۵
OLI	WGS84	۲۰۱۵/۰۶/۱۴	لندست ۸
OLI	WGS84	۲۰۱۸/۰۷/۰۸	لندست ۸
OLI	WGS84	۲۰۲۱/۰۷/۱۶	لندست ۸

#### روش کار

استخراج شاخص های طیفی: شاخص های طیفی مانند شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI)، شاخص گیاهی تقویت شده (EVI) و شاخص سطح برگ (LAI) از تصاویر Landsat برای هر یک از سال های تعیین شده محاسبه شد. این شاخص ها برای تعیین کمیت جنبه های مختلف سلامت،

تکنیک ادغام تصویر (Gram-Schmidt): تکنیک یکپارچه سازی تصویر Gram-Schmidt برای بهبود علائم طیفی تصاویر Landsat و استخراج اطلاعات معنی دار مربوط به پوشش جنگل و تغییرات کاربری زمین استفاده شد. این تکنیک امکان ایجاد تصاویر ترکیبی را فراهم می کند که تغییرات پوشش گیاهی و شرایط سطح زمین را در طول دوره مورد مطالعه برجسته کرد.

تحلیل مقایسه ای شاخص‌ها انجام شد تا مشخص شود کدام شاخص برای تشخیص تغییرات پوشش جنگلی در منطقه مورد مطالعه بر اساس حساسیت آنها به تغییرات در ساختار جنگل و پوشش گیاهی مناسب است. قبل از شناسایی مناسب‌ترین شاخص برای تشخیص تغییر جنگل، محدودیت‌ها و چالش‌های هر شاخص ارزیابی شد. رابطه ریاضیاتی و نحوه محاسبه ماتریس عددی هر یک شاخص‌ها به شرح زیر می‌باشد:

در تمامی روابط:  $\text{red} = R$  و  $\text{near infrared} = \text{NIR}$

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - R) / (\text{NIR} + R)$$

In Landsat 4-7,  $\text{NDVI} = (\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3})$ .

In Landsat 8-9,  $\text{NDVI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$ .

$$\text{EVI} = G * ((\text{NIR} - R) / (\text{NIR} + C1 * R - C2 * B + L))$$

In Landsat 4-7,  $\text{EVI} = 2.5 * ((\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + 6 * \text{Band 3} - 7.5 * \text{Band 1} + 1))$ .

In Landsat 8-9,  $\text{EVI} = 2.5 * ((\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + 6 * \text{Band 4} - 7.5 * \text{Band 2} + 1))$ .

$\text{NIR}$  فراهم می‌کند در حالی که در اکثر موارد نویز پس زمینه، نویز اتمسفر و اشباع را کاهش می‌دهد.

تراکم و پوشش گیاهی محاسبه می‌شوند و شاخص‌های حیاتی برای نظارت بر پویایی جنگل و تغییرات اکوسیستم ارائه می‌کنند. ابتدا تصاویر ماهواره‌ای بر اساس مرز منطقه مورد مطالعه برش داده شد. پس از آن، مراحل پیش پردازش برای حذف نویز و بی‌نظمی در داده‌ها انجام گردید. در مرحله بعد، با استفاده از فرمول‌های تعیین شده برای هر شاخص بر اساس مقادیر بازتاب از باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک در تصویر،  $\text{ND}$  محاسبه شدند.

مقادیر  $\text{VI}$ ،  $\text{EVI}$  و  $\text{LAI}$  برای هر پیکسل در تصویر برای هر چهار سال، بدست آمد. پس از محاسبه این مقادیر، تجزیه و

مقدار "L" برای تنظیم پس زمینه است و مقادیر C به عنوان ضرایب مقاومت جوی و مقداری از باند آبی (B). این پیشرفت‌ها امکان محاسبه شاخص را به عنوان نسبتی بین مقادیر R و

$$\text{EVI} = G * ((\text{NIR} - R) / (\text{NIR} + C1 * R - C2 * B + L))$$

In Landsat 4-7,  $\text{EVI} = 2.5 * ((\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + 6 * \text{Band 3} - 7.5 * \text{Band 1} + 1))$ .

In Landsat 8-9,  $\text{EVI} = 2.5 * ((\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + 6 * \text{Band 4} - 7.5 * \text{Band 2} + 1))$ .

$$\text{LAI} = -\ln[(0.69 - \text{SAVI}) / 0.59] / 0.91$$

In Landsat 4-7,  $\text{SAVI} = 1.1 * (\text{Band 4} - \text{Band 3}) / 0.1 + (\text{Band 4} - \text{Band 3})$

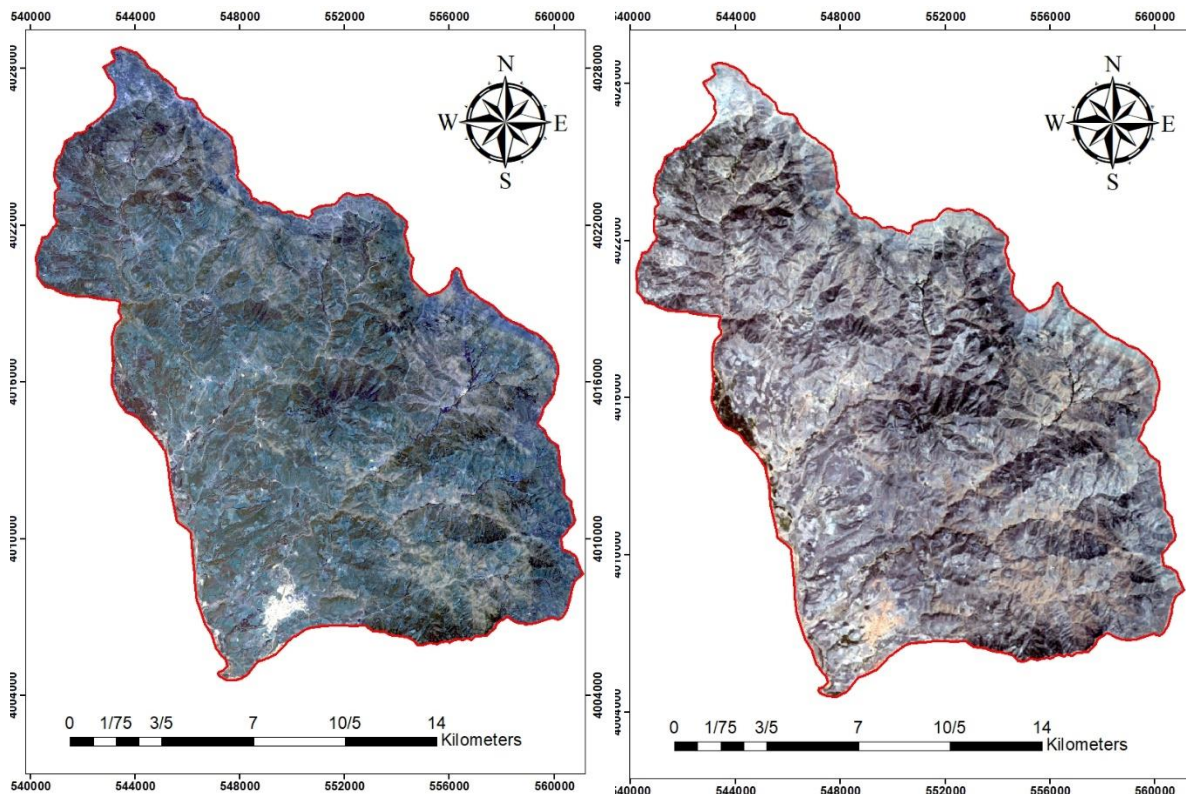
In Landsat 4-7,  $\text{SAVI} = 1.1 * (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / 0.1 + (\text{Band 5} - \text{Band 4})$

### نتایج

نتایج ادغام تصاویر در ادامه در شکل ۳ (الف تا د) برای سال‌های مختلف قابل مشاهده است. نتایج این بخش موجب گردید با استفاده از تکنیک Pansharpening کیفیت مکانی تصاویر چهار برابر بهبود یابد.

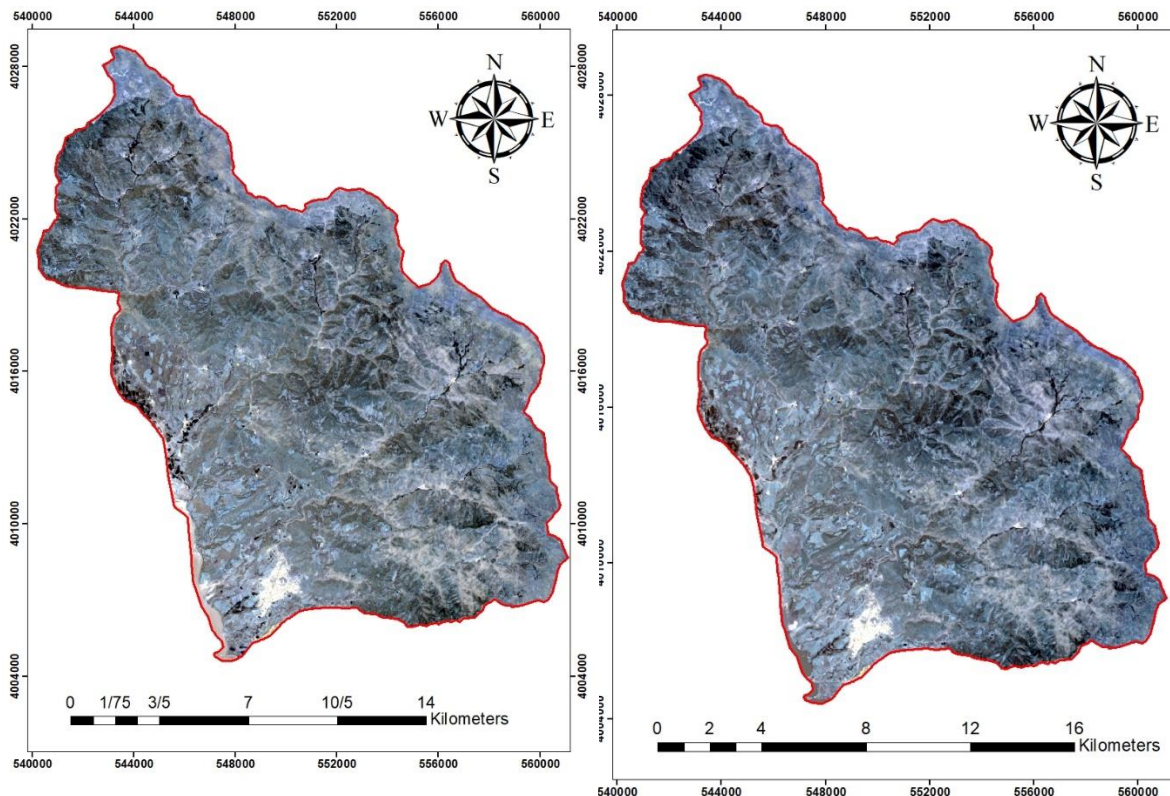
### تجزیه و تحلیل سری زمانی: یک تحلیل سری زمانی جامع

برای ارزیابی روندهای زمانی و نوسانات در شاخص‌های طیفی به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام شد.



(ب) تصویر لندست سال ۲۰۱۵

(الف) تصویر لندست سال ۲۰۱۱



(د) تصویر لندست سال ۲۰۲۱

(ج) تصویر لندست سال ۲۰۱۸

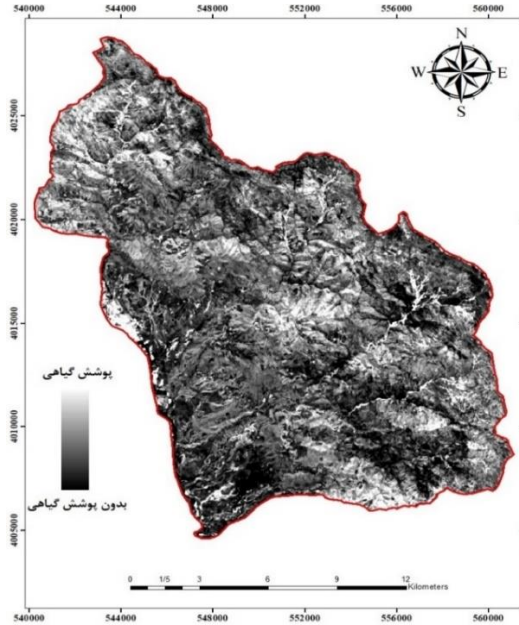
شکل ۳- تصاویر لندست سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱ میلادی

Figure 3. Landsat images from 2011 to 2021

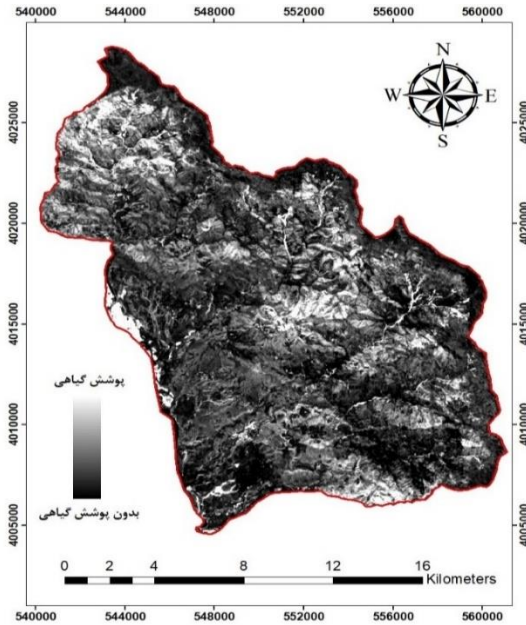
شاخص های طیفی

که دارای پوشش گیاهی می باشند به رنگ سفید در آمده اند و قابل تشخیص از سایر مناطق می باشند.

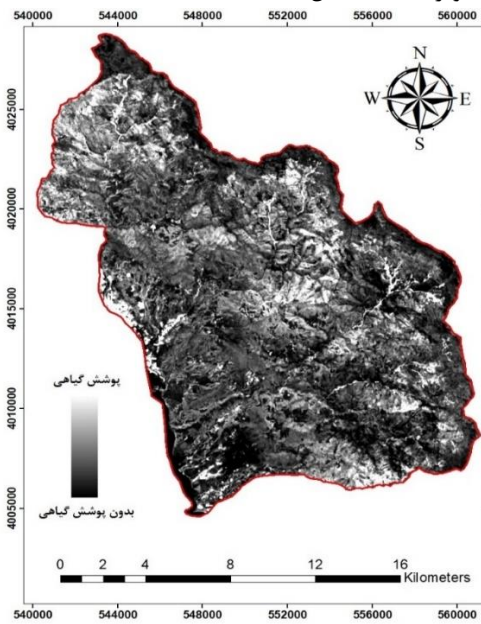
نتایج استخراج شاخص های NDVI و EVI و LAI در ادامه در شکل ۴، ۵ و ۶ قابل ملاحظه می باشد. در این تصاویر مناطقی



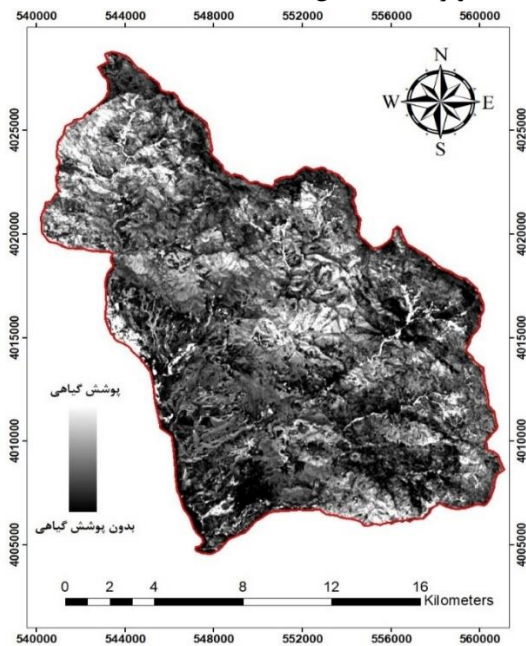
(ب) تصویر NDVI سال ۲۰۱۵



(الف) تصویر NDVI سال ۲۰۱۱



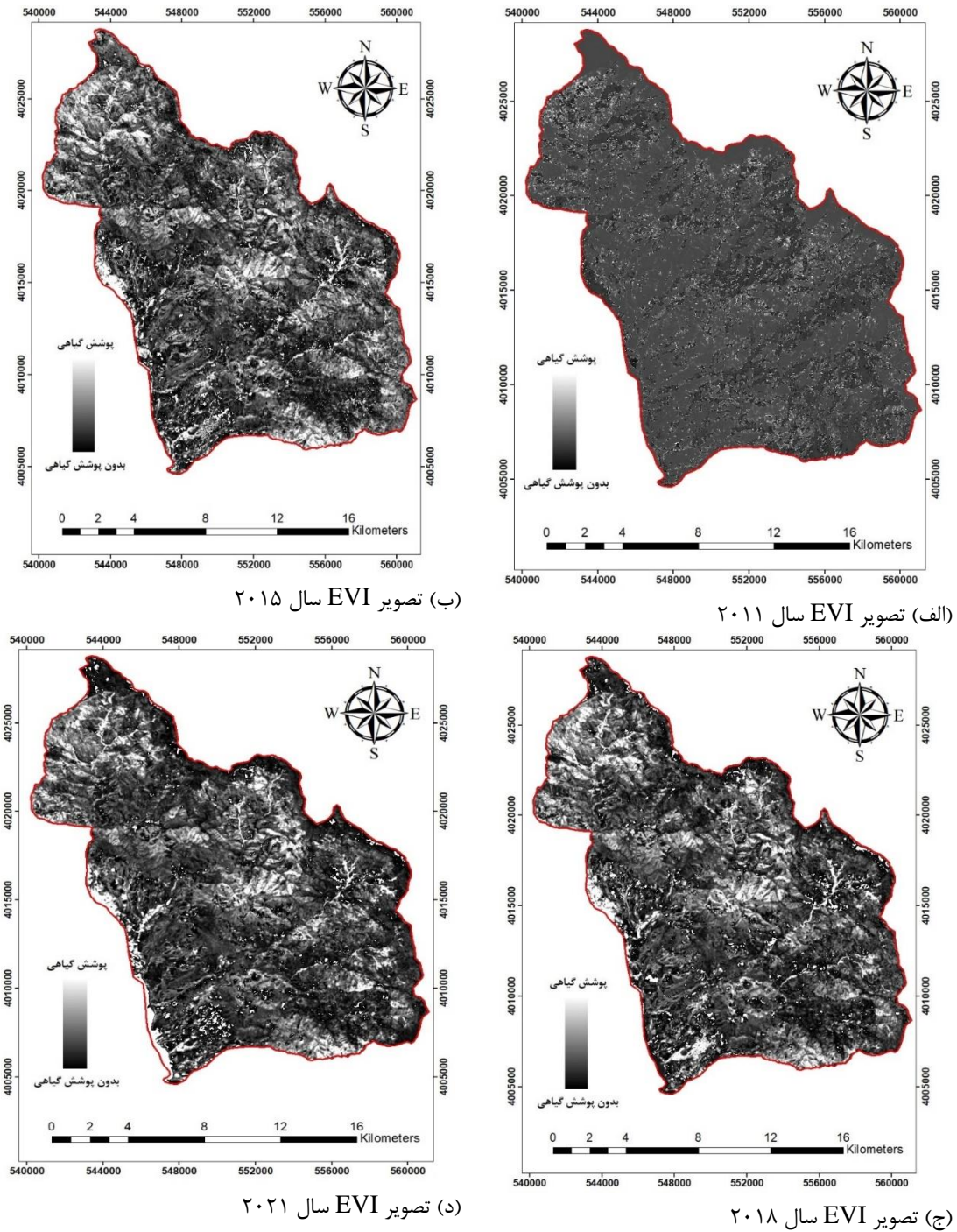
(د) تصویر NDVI سال ۲۰۲۱



(ج) تصویر NDVI سال ۲۰۱۸

شکل ۴- نتایج تولید شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI) در سال های مورد مطالعه

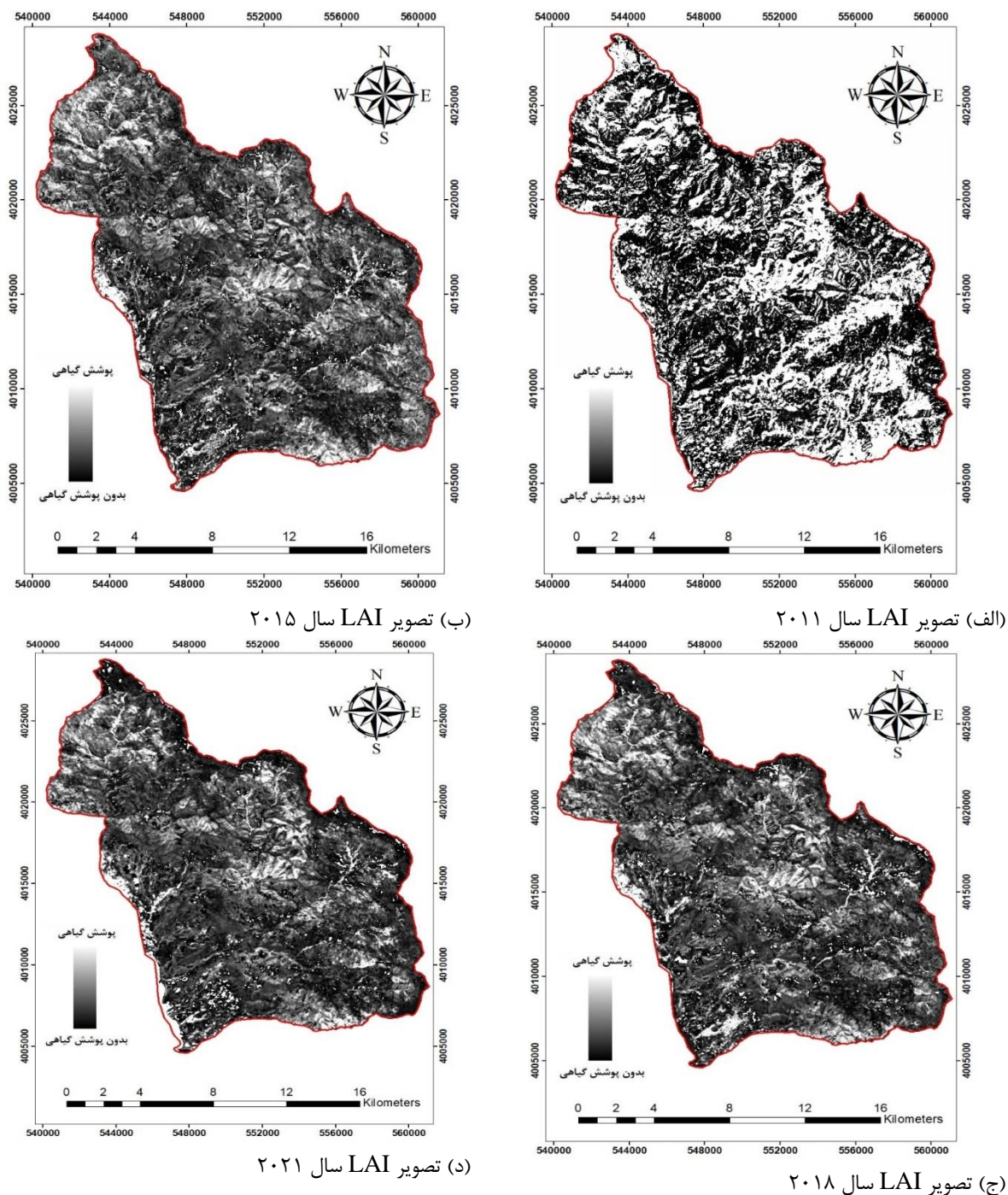
Figure 4. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) production results in the studied years



شکل ۵- نتایج تولید شاخص گیاهی تقویت شده (EVI) در سال های مورد مطالعه

Figure 5. The results of the production of the enhanced vegetation index (EVI) in the studied years



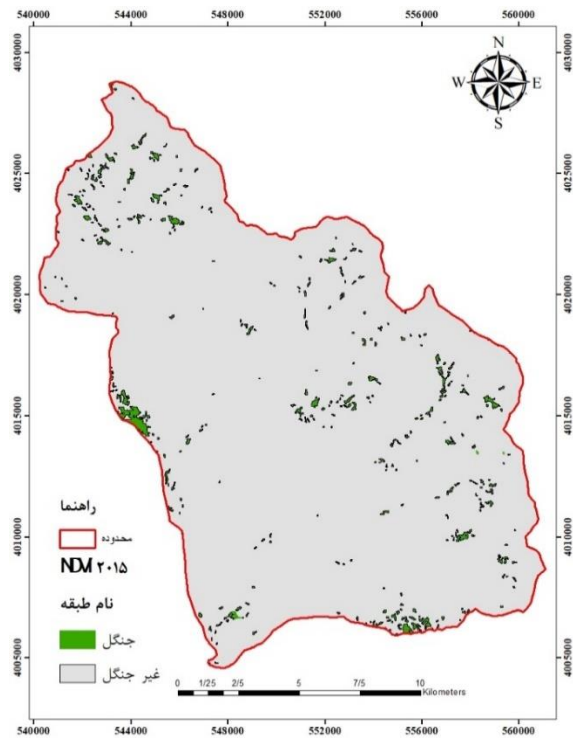


شکل ۶- نتایج تولید شاخص گیاهی تقویت شده (LAI) در سال‌های مورد مطالعه

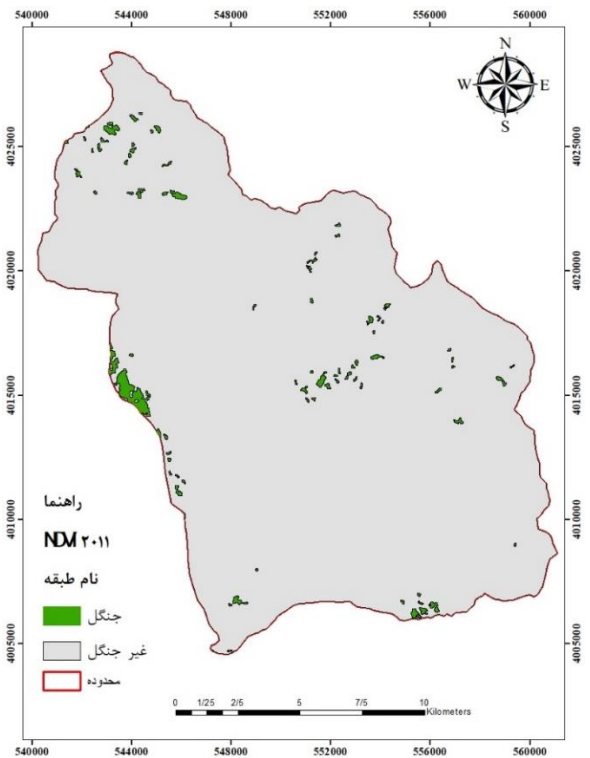
Figure 6. The results of production of leaf area index (LAI) in the studied years

گیاهی ضریب کاپا (C) و صحت کلی (K) به ترتیب برای NDVI ۹۴ و ۹۶، EVI ۸۶ و ۸۶ و LAI ۷۴ و ۷۴ بود. تغییرات آشکار سازی شده بر اساس NDVI در منطقه مورد مطالعه در شکل ۷ قابل مشاهده است. در این شکل طبقه جنگل از دیگر کاربری‌های منطقه تفکیک شده است.

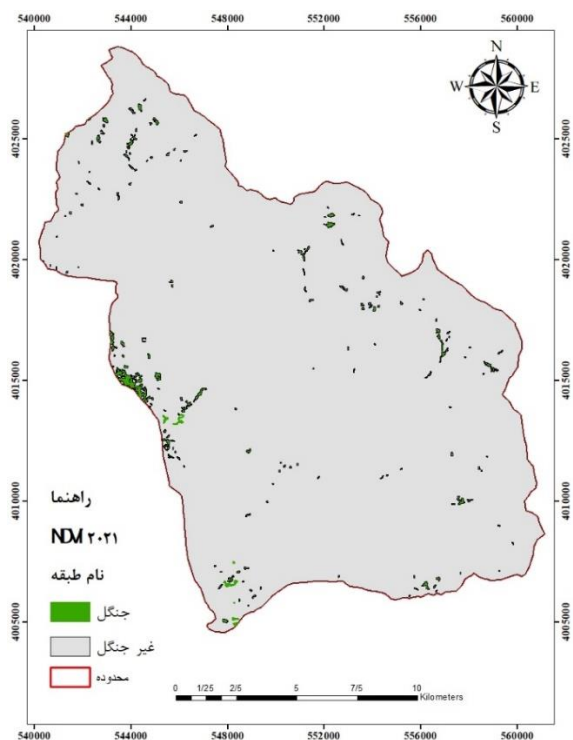
بر اساس نتایج جدول فوق شاخص NDVI تغییرات را بیشتر از دو شاخص دیگر برآورد نموده است. از طرفی همخوانی شاخص NDVI با نمونه‌های زمینی بیشتر از شاخص‌های EVI و LAI می‌باشد. در تحلیل ماتریس خطای تولید هر یک از شاخص‌های



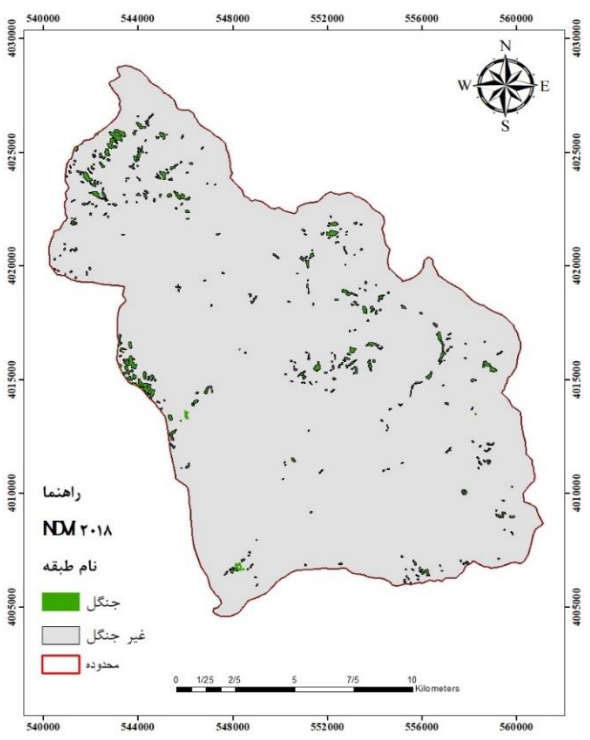
(ب) طبقه بندی بر اساس NDVI 2015



(الف) طبقه بندی بر اساس NDVI 2011



(د) طبقه بندی بر اساس NDVI 2021



(ج) طبقه بندی بر اساس NDVI 2018

شکل ۷- طبقه بندی بر اساس نتایج شاخص پوشش گیاهی NDVI برای سال های مختلف

Figure 7. Classification based on NDVI results for different years

طبقه بندی شاخص NDVI) کاهش یافته است و در سال های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۱ شدت این کاهش بالا تر بوده است. جمعا در طی

در بازه زمانی مورد بررسی که در جدول ۲ آمده است در سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ وسعت جنگل به مقدار ۶ هکتار (برحسب

یک دهه اخیر مقدار ۲۱۳ هکتار (برحسب طبقه بندی شاخص NDVI) از سطح این جنگل‌ها کاهش یافته است.

جدول ۲- تغییرات گستره جنگل بر مبنای شاخص های پوشش گیاهی

Table 2. Forest extent changes based on vegetation indexes

تغییرات LAI(%)	تغییرات EVI(%)	تغییرات NDVI(%)	سال	شاخص	جنگل (ha)	غیر جنگلی (ha)
-36.73%	-41.15%	44.65%	سال ۲۰۱۱	NDVI	327	27250
				EVI	.....	.....
				LAI	.....	.....
-36.73%	-41.15%	-1.27%	سال ۲۰۱۵	NDVI	473	27105
				EVI	904	26674
				LAI	422	27156
27.72%	-56.77%	-44.33%	سال ۲۰۱۸	NDVI	467	27111
				EVI	532	27046
				LAI	267	27311
27.72%	-56.77%	-44.33%	سال ۲۰۲۱	NDVI	260	27317
				EVI	230	27347
				LAI	341	27236

#### بحث و نتیجه گیری

برای ارزیابی تغییرات در ساختار جنگل استفاده کردند نیز تغییرات قابل توجهی در پوشش و ترکیب جنگل در یک دوره ۱۰ ساله وجود دارد. نتایج هر دو مطالعه بر نیاز به نظارت مستمر مناطق جنگلی برای درک چگونگی تأثیر آنها توسط تغییرات محیطی تأکید می کند.

علاوه بر تغییرات در ساختار افقی، در این مطالعه همچنین از تکنیک های یکپارچه سازی تصویر و شاخص های طیفی برای بررسی میزان این تغییرات استفاده شد. این رویکرد در تحقیقات دیگری نیز اجرا شده است از جمله Ba و همکاران (۱۸)، که از روش های مشابهی برای ارزیابی تغییرات در گستره و سلامت جنگل استفاده کردند. ارزیابی سه شاخص طیفی کلیدی NDVI، EVI، و LAI در تشخیص تغییرات در ساختار افقی جنگل در طول سال‌های تعیین شده بسیار ارزشمند بود. به طور قابل توجهی، شاخص NDVI به عنوان یک معیار مؤثر برای تعیین تغییرات در ترکیب افقی جنگل ظاهر می شود و بینش‌های

بررسی تغییرات وسعت جنگل های سردشت طی دو دهه با استفاده از تکنیک های یکپارچه سازی تصویر و استخراج شاخص های طیفی کمک مهمی به حوزه پایش محیطی و مدیریت جنگل است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور برای پایش تغییرات در مناطق جنگلی برای درک تأثیر تغییرات محیطی بر این اکوسیستم‌ها ضروری است (۱۵). یکی از یافته های کلیدی این مطالعه تغییرات قابل توجه در ساختار افقی جنگل در منطقه سردشت طی یک دهه از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۱ است. در حالی که این مطالعه بر روی جنگل های سردشت در غرب ایران متمرکز بوده، تحقیقات مشابهی در سایر مناطق جهان نیز انجام شده است. به عنوان مثال، مطالعه ای توسط Lawley و همکاران (۱۶) از تصاویر ماهواره ای برای ارزیابی تغییر پوشش جهانی جنگل استفاده کرد و دریافت که در مناطق خاصی به دلیل جنگل زدایی و تغییر کاربری زمین، تلفات قابل توجهی وجود دارد Ba و همکاران (۱۷) نیز از داده های سنجش از دور

- spatial pattern of woody species in West Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(10), 1-9.
4. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401.
  5. Lausch, A., Bastian, O., Klotz, S., Leitão, P. J., Jung, A., Rocchini, D., Schaepman, M. E., Skidmore, A. K., Tischendorf, L., & Knapp, S. (2018). Understanding and assessing vegetation health by in situ species and remote-sensing approaches. *Methods in Ecology and Evolution*, 9, 1799-1809.
  6. Lausch, A., Erasmi, S., King, D. J., Magdon, P., & Heurich, M. (2017). Understanding forest health with remote sensing—Part II: A review of approaches and data models. *Remote Sensing*, 9(2), 129-161. <https://doi.org/10.3390/rs9020129>
  7. □ Mirzaei, J., Mohamadi, A., Heidarizadi, Z., Noorolahi, H., & Omidipour, R. (2015). Assessment of land cover changes using RS and GIS: A case study of Zagros forests, Iran. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(9), 2565-2572.
  8. Nasiri, V., Darvishsefat, A., Shirvani, A., & Avatefi Hemat, M. (2019). Monitoring and modeling changes of forest area using logistic regression, Markov, and GeoMod. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 19(65), 171-189. (In Persian)
  9. Shabani, S., Pourghasemi, H. R., & Blaschke, T. (2020). Forest stand susceptibility mapping during harvesting using logistic regression and boosted regression tree machine learning models. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00974.
- ظریفی را در مورد توزیع فضایی پوشش گیاهی و تغییرات در تراکم تاج پوشش ارائه می کند (۱۹ و ۲۰).
- در نظر گرفتن اینکه چگونه می توان این یافته ها را برای اطلاع رسانی شیوه های مدیریت جنگل به کار برد، مهم است. مطالعه Becker و همکاران (۲۱) نشان داد که چگونه می توان از داده های سنجش از دور برای توسعه استراتژی های موثر برای مدیریت جنگل ها، از جمله شناسایی مناطق در معرض خطر جنگل زدایی یا تخریب استفاده کرد. محققان با ادغام یافته های خود با تحقیقات موجود در مورد مدیریت جنگل، می توانند بینش های ارزشمندی در مورد بهترین روش حفاظت و نگهداری از جنگل های سردشت ارائه دهند.
- این مطالعه اثربخشی تکنیک های سنجش از دور را در ثبت و تحلیل تغییرات زمانی در جنگل های منطقه سردشت نشان می دهد. رویکرد یکپارچه ارتقای تصویر و ارزیابی شاخص طیفی، یک دهه از دگرگونی های مهم را آشکار کرده است، که رویکرد مهمی را برای درک و مدیریت پویایی های اکولوژیکی در اکوسیستم جنگلی زاگرس ارائه می کند. یافته ها نه تنها بر ارزش سنجش از دور در پایش جنگل تأکید می کند، بلکه زمینه ارزشمندی را برای استراتژی های حفاظت آگاهانه و مدیریت زمین در منطقه ارائه می کند.

## References

1. Witzell, J., & Martin, J. A. (2018). Endophytes and forest health. In *Endophytes of forest trees* (pp. 261–282). Springer.
2. Foster, K. R., Davidson, C., Tanna, R. N., & Spink, D. (2019). Introduction to the virtual special issue monitoring ecological responses to air quality and atmospheric deposition in the Athabasca Oil Sands region: The Wood Buffalo Environmental Association's Forest Health Monitoring Program. *Science of The Total Environment*, 686, 345-359.
3. Azizi, Z., & Montazeri, Z. (2018). Effects of microtopography on the

16. Lawley, V., Lewis, M., Clarke, K., & Ostendorf, B. (2016). Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review. *Ecological Indicators*, 60, 1273-1283.
17. Rui, B., Deng, Q., Liu, Y., Yang, R., & Zhang, H. (2021). Multi-hazard disaster scenario method and emergency management for urban resilience by integrating experiment-simulation-field data. *Journal of Safety Science and Resilience*, 2(2), 77-89.
18. Rui, B., Song, W., Lovallo, M., Zhang, H., & Telesca, L. (2022). Informational analysis of MODIS NDVI and EVI time series of sites affected and unaffected by wildfires. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 604, 127911.
19. Becker, A., Russo, S., Puliti, S., Lang, N., Schindler, K., & Wegner, J. D. (2023). Country-wide retrieval of forest structure from optical and SAR satellite imagery with deep ensembles. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 195, 269-286.
20. Pordel, F., Ebrahimi, A. A., & Azizi, Z. (2017). Evaluating spatio-temporal phytomass changes using vegetation index derived from Landsat 8: A case study of Mrajan rangeland, Boroujen. *Journal of Rangeland*, 2, 166-178.
21. Azizi, Z., Hosseini, A., & Iranmanesh, Y. (2017). Estimating biomass of single oak trees using terrestrial photogrammetry. *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 81-93. (In Persian)
10. Amani, M., Ghorbanian, A., Mahdavi, S., & Mohammadzadeh, A. (2019). Iranian land cover mapping using Landsat-8 imagery and random forest algorithm. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 77-81.
11. Sevinc, V., Kucuk, O., & Goltas, M. (2020). A Bayesian network model for prediction and analysis of possible forest fire causes. *Forest Ecology and Management*, 457, 117723.
12. Azizi, Z., Najafi, A., & Sohrabi, H. (2008). Forest canopy density estimation using satellite images. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 8(11), 1127-1130.
13. Bandara, W. G. C., Valanarasu, J. M. J., & Patel, V. M. (2021). Hyperspectral pansharpening based on improved deep image prior and residual reconstruction. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 60, 1-16.
14. Beygi Heidarlou, H., Banj Shafiei, A., Erfanian, M. A., Tayyebi, A., & Alijanpour, A. (2020). Underlying driving forces of forest cover changes due to the implementation of preservation policies in Iranian northern Zagros forests. *International Forestry Review*, 22(2), 241-256.
15. Babaie Kafaki, S., Moradzadeh Azar, N., Kiadaliri, H., Banj Shafiei, A., & Rahimizadeh, N. (2021). Fire risk mapping using hierarchical analysis and GIS methods along with risk assessment in the Zab-Sardasht forests. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 11(2), 101-115. (In Persian)