

## بررسی تغییرات پوشش گیاهی پس از وقوع آتش با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان ملکشاهی

کبری عزیزی<sup>۱\*</sup>، عبدالعلی کرمشاهی<sup>۲</sup>، رضا امیدپور<sup>۳</sup>

### چکیده

آتش‌سوزی یک پدیده‌های کاتاستروفیک است که باعث تغییرات ساختاری در پوشش گیاهی می‌شود. میانگین سطح حریق سالانه در جنگل‌های جهان چهار میلیون کیلومتر مربع تخمین زده شده است و این آتش‌سوزی‌ها به نابودی پوشش گیاهی، گرم شدن کره زمین و نابودی تنوع زیست محیطی می‌انجامد. با توجه به اهمیت موضوع، تغییرات پوشش گیاهی پس از وقوع آتش با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی پس از آتش از اطلاعات سه آتش‌سوزی وسیع (کل محدوده آتش) مربوط به سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۶، ۱۳۹۸ به ترتیب در منطقه بیوره، کبیرکوه و سیرانه شهرستان ملکشاهی استفاده شد. در این تحقیق، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای سال‌های آتش‌سوزی از سایت USGS دانلود گردید و سپس از شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در تشخیص آتش با استفاده از نرم‌افزار TerraSet2020 و GIS استفاده شد. همچنین در نرم‌افزار Excel از آزمون من-کندال برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در مناطق آتش و کنترل در سال‌های پس از وقوع آتش استفاده گردید. نتایج نشان داد با استفاده از تولید سری زمانی و پایش مکانی-زمانی مناطق سوخته با شاخص‌های طیفی می‌توان گفت که شاخص طیفی نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی مورد استفاده در این مطالعه براساس آزمون من-کندال تائو توانایی و قابلیت بررسی تغییرات پوشش گیاهی و احیای مجدد آن را در پی سالیان پس از آتش‌سوزی دارا می‌باشد. همچنین نتایج تجزیه و تحلیل معنی‌داری روند آزمون من-کندال شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در مقیاس زمانی سالانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان پنج درصد در هر دو منطقه آتش و کنترل مشاهده گردید. شناسایی اثرهای آتش‌سوزی بر خصوصیات پوشش گیاهی اکوسیستم‌های جنگلی برای مدیریت پس از آتش‌سوزی دارای اهمیت ویژه‌ای است؛ بنابراین این تحقیق به منظور بررسی اثرهای آتش‌سوزی روی روند تغییرات پوشش گیاهی و آگاهی از رفتار پوشش گیاهی در واکنش به آتش‌سوزی برای مدیریت جنگل‌های شهرستان ملکشاهی انجام شده است.

### واژگان کلیدی:

آزمون من-کندال، جنگل، داده‌های ماهواره‌ای، NDVI.



### مقاله پژوهشی

۱. دکتری علوم و مهندسی جنگل، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

[k.azizi71@yahoo.com](mailto:k.azizi71@yahoo.com)

\* نویسنده مسئول

۲. دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

[a.karamshahi@ilam.ac.ir](mailto:a.karamshahi@ilam.ac.ir)

۳. استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

[r.omidipour@ilam.ac.ir](mailto:r.omidipour@ilam.ac.ir)

شناسه مقاله: ۲۵۱۲-۱۱۴۳

شماره صفحه پایایی: ۱۱۴۳-۱۱۵۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۵

انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۱/۲۳

زمان پذیرش: ۶۲ روز

### استناددهی:

عزیزی، ک.، کرمشاهی، ع.، و امیدپور، ر. (۱۴۰۴). بررسی تغییرات پوشش گیاهی پس از وقوع آتش با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان ملکشاهی. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، (۳)، ۲۴-۳۴.

## ۱- مقدمه

آتش‌سوزی یکی از آشفته‌گی‌های محیطی است که نقش بسزایی بر تغییرات سیمای پوشش گیاهی کره زمین دارد. در بین بوم سامانه‌های مختلف کره زمین، مناطق خشک و نیمه خشک همواره متأثر از آتش‌سوزی‌های با شدت‌های مختلف بوده‌اند که گاهی سازگاری‌های نیز به وقوع آتش‌سوزی پیدا کرده‌اند (Kinoshita and Hogue, 2011). کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک کره زمین و ناحیه‌ی پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جوی لازم جهت وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع را دارا می‌باشد و براساس آمار منتشر شده از سوی جنگل‌ها و مراتع سالانه ۱۰ هزار مورد آتش‌سوزی در ایران رخ می‌دهد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۹). پوشش گیاهی به‌عنوان بخش مهمی از زمین، نقشی ضروری در تأمین مواد آلی موجودات زمینی، تنظیم چرخه کربن و ارتقای تبادل انرژی ایفا می‌کند (دستی‌گردی و همکاران، ۱۴۰۱). به همین دلیل، شناخت پوشش گیاهی هر منطقه از ضروری‌ترین مطالعات، تحقیقات بنیادی و زیربنایی در عرصه منابع طبیعی و محیط‌زیست آن منطقه است. در واقع با شناخت هر منطقه می‌توان ضمن بهره‌برداری معقولانه و اقدامات حفاظتی در برابر عوامل مخرب زیست محیطی از قبیل آتش‌سوزی در راستای توسعه پایدار و حمایت منطقی از این منابع همت گماشت (مخدوم، ۱۳۸۱). آتش‌سوزی یکی از معضلات پیش روی مدیریت جنگل‌ها و مراتع به‌خصوص در مواقع خشکسالی محسوب شده که می‌تواند خسارت‌های زیست محیطی و اقتصادی زیادی را به جامعه تحمیل کند (مخدوم، ۱۳۸۱). در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی بر اهمیت نقش سنجش از دور در تجزیه و تحلیل پویایی‌های بوم‌شناسی پس از آتش‌سوزی و پایش روند بازسازی پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی تأکید کرده‌اند (Levin, 2020; Zhang et al., 2019). سنجنده‌های مانند TM و OLI سری لندست، امکان نظارت بر پوشش گیاهی مناطق سوخته را برای بیش از ۴۰ سال فراهم کرده است (Levin, 2020; Shvetsov et al., 2019). برای این منظور از شاخص‌های طیفی مختلفی استفاده می‌شود که از جمله مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته؛ شاخص‌های تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده؛ نسبت نرمال سوختگی متمایز و نسبت نرمال سوختگی اشاره کرد (Van Leeuwen et al., 2010). در میان شاخص‌های متعدد پوشش گیاهی، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی به‌عنوان شاخص جهانی، به‌منظور آماده کردن اطلاعات مکانی و زمانی پوشش گیاهی به‌کار گرفته می‌شود (Shen et al., 2014). کاربردهای مختلف شاخص پوشش گیاهی نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی می‌تواند به تغییر رفتار گیاهان در طول زمان، طبقه‌بندی گیاهان، تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش گیاهی، کشف تغییرات پوشش گیاهی در طول زمان، مطالعه پارامترهایی از جمله فتوسنتز، تنفس، کلروفیل و آب بین سلولی که در ارتباط مستقیم با شرایط پوشش گیاهی هستند، اشاره نمود. همچنین پدیده‌هایی که در سطح زمین رخ داده و در ارتباط مستقیم با پوشش گیاهی هستند. از این پدیده‌ها می‌توان به خشکسالی، تغییرات اقلیمی و آب و هوایی اشاره نمود (Moritz et al., 2004). در این راستا، Eckert et al. (۲۰۱۵) از تصاویر سری زمانی مادیس شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی برای تعیین روند پوشش گیاهی به‌بازایی یا تخریب در مغولستان استفاده کردند. در تحقیقی دیگر، Han et al. (۲۰۱۵) وضعیت تجدید حیات طبیعی پس از وقوع آتش‌سوزی را در جنگل‌های جنوب غربی چین بررسی کردند. آنها اعلام کردند که تراکم زادآوری افزایش چشم‌گیری پس از آتش‌سوزی داشت، ولی ترکیب گونه‌ای قبل و بعد از آتش‌سوزی مشابه بودند. Cai et al. (۲۰۱۳) آزمون غیر پارامتری من-کندال را برای تحلیل تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف رویشی-اقلیمی مغولستان طی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶ با استفاده از تصاویر سری زمانی شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی NOAA-AVHRR به‌کار بردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که نواحی اقلیمی با پوشش گیاهی متفاوت، روند تغییر پوشش گیاهی متفاوتی نشان می‌دهد. همچنین، تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، حساسیت پوشش گیاهی قابل توجه بوده و برخی از گیاهان در مناطق مختلف توانایی‌هایی سازگاری دارند.

میرداودی و همکاران (۱۳۹۸) تراکم گونه‌های گیاهی، درصد پوشش گیاهی و تولید علوفه در منطقه خنداب اراک را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از آنالیز داده‌های مربوط به تراکم گونه‌های گیاهی، درصد پوشش گیاهی و تولید علوفه نشان داد که میانگین تراکم، پوشش و تولید علوفه در منطقه سوخته نسبت به شاهد افزایش داشته است. آتش‌سوزی باعث افزایش تراکم، درصد تاج پوشش و تولید علوفه گونه‌های علفی و گندمی در منطقه سوخته نسبت به شاهد شده اما فاکتورهای گیاهی مربوط به فرم بوته‌ای در منطقه سوخته نسبت به شاهد کاهش یافته است.

Vanderhoof et al. (۲۰۱۸) در پژوهشی با هدف بهبود ارزیابی موقعیت و احیای پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی با استفاده از سری‌های مختلف زمانی تصاویر با وضوح بالا، آتش‌سوزی سال ۲۰۱۲ والدوکاینون-کلرادو در ایالات متحده آمریکا را بررسی کردند تا مشخص کنند که چگونه سری‌های زمانی تصاویر با وضوح بالای مربوط به سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۶ را می‌توان جهت ارزیابی وسعت، شدت سوختگی و همچنین احیای پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی به‌کار برد. برای این کار از تصاویر مربوط به سنجنده‌های Worldview-2، Worldview-3 و QuickBird-2 استفاده شد. نتایج نشان داد که این روش در مقایسه با شاخص پیکسل مبنای نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی می‌تواند مقدار بالاتری از بازایی پوشش گیاهی را نمایش دهد و تصاویر با وضوح بالا می‌توانند یک ابزار مؤثری برای پایش شرایط پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی باشند.

1. Extended Visual Information (EVI)

2. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

3. Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR)

4. Normalized Burn Ratio (NBR)

رودسرایی و همکاران (۱۴۰۱) تغییرات مکانی- زمانی مناطق سوخته با تصاویر سنتینل ۲ در بازه‌های شش ماهه پس از دو آتش سوزی رخ داده در جنگل‌های زاگرس تا سال ۱۴۰۱ مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از پایش نسبت نرمال سوختگی متمایز دو سال پس از این دو آتش سوزی نشان داد که ۳/۰۵۹ هکتار از مناطق سوخته با شدت پایین و ۳۲ هکتار از مناطق سوخته با شدت متوسط از منطقه خائیز با تبدیل به مناطق سوخته روند احیا و بازیابی را طی می‌کنند.

سیاه منصور و همکاران (۱۴۰۲) اثر حریق بوته‌زار بر میزان و نوع تغییرات پوشش گیاهی در مراتع تابستانه فراکش استان لرستان را انجام دادند. نتایج نشان داد در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در اثر حریق، پوشش گیاهی و لاشبرگ در عرصه سوخته به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش و درصد خاک لخت افزایش یافته است. این اثر آنقدر شدید است که مجموع تاج پوشش گیاهان را از ۵۴/۵۲ به ۴۴/۴۱ کاهش داده و با بیش از ۱۰ درصد نزول تاج پوشش زنده باعث وجود شیب منفی در عرصه سوخته نسبت به عرصه شاهد تا ۹ سال پس از رخداد حریق در رویشگاه شده است. فتحی و پیر با وقار (۱۴۰۳) پایش بازیابی پوشش گیاهی پس از آتش سوزی در بخشی از جنگل‌های مریوان با استفاده از سنجش از دور را انجام دادند. در این تحقیق از پنج شاخص طیفی نسبت سوختگی نرمال شده، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، شاخص اختلافی رطوبت خاک یا شاخص تمایز رطوبت گیاهی، شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته و شاخص گیاهی اصلاح شده خاک به‌منظور پایش بازیابی پوشش گیاهی منطقه سوخته از دو سال قبل از آتش سوزی تا سه سال پس از آتش سوزی استفاده شد. با توجه به ارزیابی کیفی، همه شاخص‌ها عملکرد خوبی در ارزیابی بازسازی پوشش گیاهی پس از آتش سوزی داشتند. تحلیل شاخص کمی تفکیک‌پذیری نیز نشان داد که شاخص نسبت سوختگی نرمال شده نسبت به سایر شاخص‌های بررسی شده عملکرد بهتری دارد. دارستانی فراهانی (۱۴۰۳) با استفاده از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸، برای سال‌های ۲۰۱۹ (بعد از آتش سوزی) و سال‌های ۲۰۱۸ (قبل از آتش سوزی) و با محاسبه شاخص‌های اثر آتش سوزی بر پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی بخش آذربایجان شرقی سال ۱۳۹۸ را بررسی کرد. نتایج نیز نشان داد که آتش سوزی اثر قابل توجهی بر تخریب پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی محدوده آذربایجان شرقی داشته است.

با توجه به مطالب ذکر شده و با توجه به اهمیت جنگل‌های زاگرس در معیشت جنگل‌نشینان و همچنین نقش این جنگل‌ها در حفاظت آب و خاک، این امر ما را به انجام تحقیقی در این زمینه برای مشخص نمودن تأثیر آتش سوزی بر روند تغییرات پوشش گیاهی جنگل‌های این منطقه سوق می‌دهد تا اطلاعاتی در این زمینه برای درک بهتر تأثیر آتش سوزی بر پوشش گیاهی جنگل و پیشگیری از آتش سوزی‌های بعدی و همچنین مدیریت بهتر منطقه در طرح‌های جنگل‌داری به‌دست آید.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در سه منطقه بیوره، کبیرکوه و سیرانه در شهرستان ملکشاهی استان ایلام انجام گرفت (شکل ۱). طول شهرستان ملکشاهی ۸ کیلومتر و عرض آن ۳ کیلومتر است. شهرستان ملکشاهی از غرب به شهرستان مهران، از شمال و شرق به شهرستان ایلام، از جنوب شرقی به شهرستان بدره و از جنوب به شهرستان دهلران منتهی می‌گردد. شهرستان ملکشاهی در یک منطقه پست به‌صورت دشت که اطراف آن را کوه‌ها و جنگل‌های بلوط احاطه نموده‌اند، واقع شده است. شهرستان ملکشاهی از نظر شرایط اقلیمی جز مناطق خشک و نیمه خشک زاگرس به‌شمار می‌آید. با توجه به رژیم و میزان بارندگی منطقه (حداقل، حداکثر و متوسط) که مربوط به دوره ۲۴ ساله اخیر از ایستگاه باران‌سنجی ارکواز ملکشاهی است میزان بارندگی سالانه طی این دوره آماری، ۵۹۵/۸ میلی‌متر می‌باشد که از این میزان، ۳۰۴ میلی‌متر در فصل زمستان، ۱۷۳/۹ میلی‌متر در فصل پاییز، ۱/۶ میلی‌متر در فصل تابستان و ۱۱۳/۶ در فصل بهار رخ داده است. خاک این مناطق بیشتر شامل تیپ‌های راندزین قهوه‌ای جنگلی و لیتوسل می‌باشد. در ابتدا به‌منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی پس از آتش سوزی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تکنیک سنجش از دور، از اطلاعات سه آتش سوزی وسیع (کل محدوده آتش) مربوط به سه سال مختلف ۱۳۸۹، ۱۳۹۶، ۱۳۹۸ به‌ترتیب در منطقه بیوره، کبیرکوه و سیرانه شهرستان ملکشاهی استفاده شد. سپس در کنار هر منطقه آتش، منطقه‌ای به‌عنوان کنترل جهت مقایسه در نظر گرفته شد.

در مطالعه حاضر از تصاویر ماهواره لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شده است. تصاویر اخذ شده به ترتیب مربوط به سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۳ بوده که مشخصات آن‌ها در جدول (۱) آمده است.

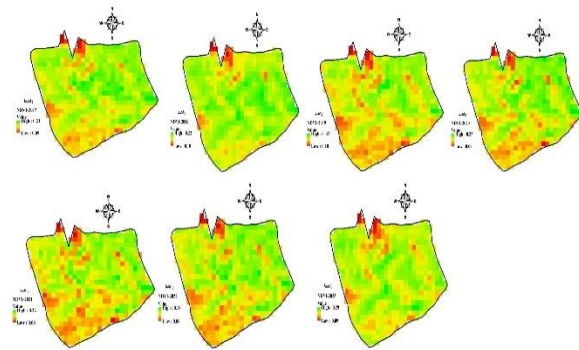
### ۲-۲- شاخص پوشش گیاهی NDVI

شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی یک اندازه‌گیری غیر مستقیم از فعالیت فتوسنتزی است. دامنه این شاخص بین ۱- برای حداقل میزان و +۱ برای حداکثر میزان فعالیت فتوسنتزی است (شکل‌های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷). شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱).

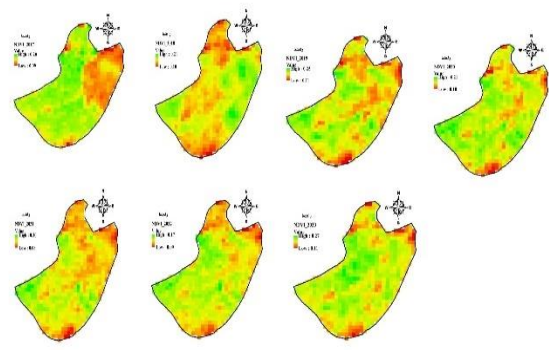
$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

رابطه (۱)

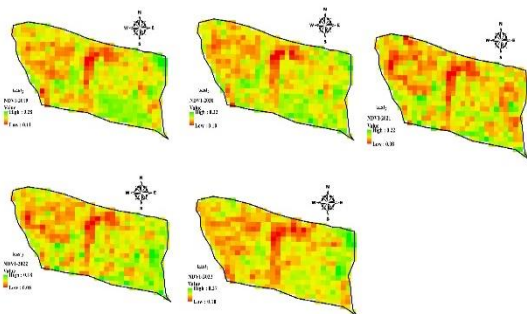




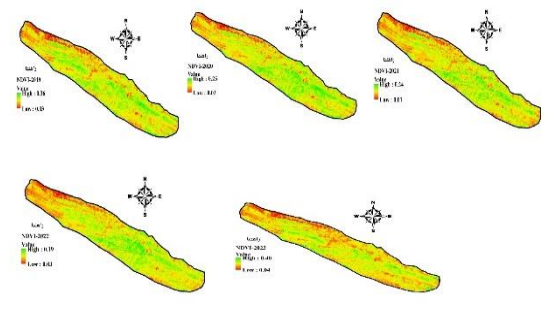
شکل (۵): شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه کنترل کبیرکوه از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۳



شکل (۴): شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش کبیرکوه از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۳



شکل (۷): شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه کنترل سیرانه از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳



شکل (۶): شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش سیرانه از سال ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳

این شاخص از تقسیم اختلاف مقادیر باندهای قرمز (RED) و مادون قرمز نزدیک (NIR) بر مجموع آن‌ها به دست می‌آید. از آن جایی که شاخص‌های گیاهی بر اساس خواص طیفی گیاهان طراحی شده‌اند، در نتیجه مقادیر به دست آمده از آن‌ها منعکس کننده، زیادی پوشش گیاهی در محدوده پیکسل مورد نظر می‌باشد. در تحقیق حاضر، تغییرات پوشش گیاهی پس از وقوع آتش‌سوزی با استفاده از تولید و محاسبه شاخص ماهواره‌ای نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی و تصاویر لندست به کمک نرم‌افزار TerrSet2020 انجام شد. این فرآیند در سه منطقه کلیدی (جدول ۲) که دارای سابقه آتش با زمان‌های مختلف هستند انجام گردید.

جدول (۲): اطلاعات سه مورد از آتش‌سوزی‌های وسیع با قدمت مختلف در شهرستان ملکشاهی

منطقه	زمان وقوع	مساحت (هکتار)	محیط (کیلومتر)
بیوره	۱۳۸۹	۶۸۸	۱۲/۹
کبیرکوه	۱۳۹۵	۶۶	۳/۴۴
سیرانه	۱۳۹۸	۱۰۷	۵/۱

### ۲-۳- بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی با استفاده از آزمون من-کندال

آزمون من-کندال (Mann-Kendall) نخست توسط Mann (۱۹۴۵) بر اساس معنی‌دار بودن ضریب همبستگی تاوکندال ( $\tau$ ) ارائه و سپس توسط Kendall (۱۹۷۵) توسعه یافت. این آزمون یکی از آزمون‌های مهم برای یافتن روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. ضریب همبستگی، میزان ارتباط بین دو سری از متغیرها را اندازه‌گیری می‌کند تا مشخص شود که آیا متغیر اول با افزایش متغیر دوم افزایش یا کاهش می‌یابد یا اینکه الگوهای تغییر آن‌ها در ارتباط با هم نیست. این روش به صورت گسترده‌ای برای روندیابی سری‌های زمانی به کار برده می‌شود (متغیر X به مانند زمان برای آزمون روند است) (Modarres and da Silva, 2007). به طور کلی، برای تعیین روندهای یکنواخت داده‌های با توزیع غیر نرمال بر اساس رتبه‌بندی از آزمون من-کندال استفاده می‌شود. با توجه به این که آزمون من-کندال علاوه بر وجود روند، نوع روند به وقوع پیوسته را نیز مشخص می‌کند، در این مدل نیازی به وارد کردن داده‌های نرمال نیست. در این تحقیق محاسبات از طریق آزمون من-کندال در نرم افزار Excel استفاده شد. همچنین سطوح معنی‌داری ۰/۰۵ به کار رفت.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- روند تغییرات پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی با استفاده از آزمون من-کندال در منطقه بیوره، کبیرکوه و سیرانه

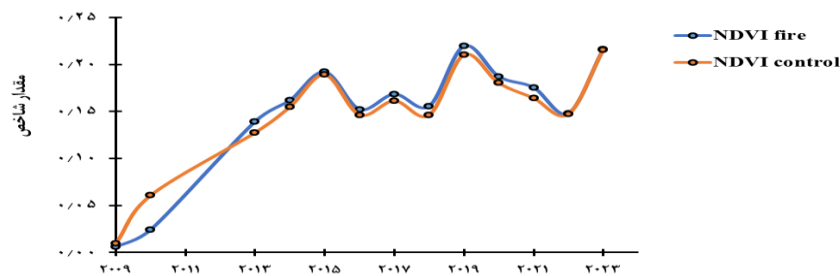
##### ۳-۱-۱- نتایج آنالیز آزمون من-کندال آتش و کنترل شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه بیوره

نتایج تجزیه و تحلیل معنی‌داری روند آزمون من-کندال برای شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در مقیاس زمانی سالانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول (۳) آورده شده است. بر اساس این جدول مقدار P-value در هر دو منطقه آتش و کنترل به ترتیب ۰/۰۲۴ و ۰/۰۱۲ می‌باشد و اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان پنج درصد در هر دو منطقه آتش و کنترل مشاهده می‌شود.

جدول (۳): نتایج آزمون من-کندال آتش و کنترل شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه بیوره

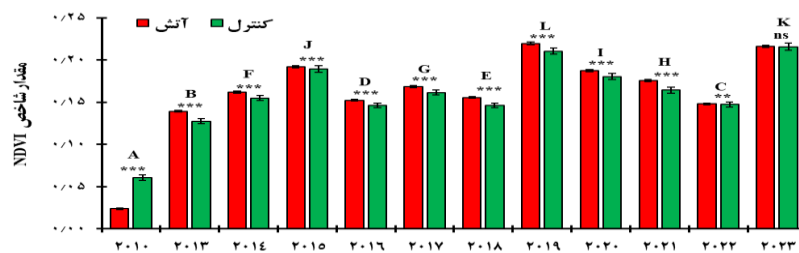
آماره	آتش	کنترل
Kendall's tau	-۰/۴۸۷	-۰/۵۳۸
S	۳۸/۰۰۰	۴۲/۰۰۰
Var (S)	۲۶۸/۶۶۷	۲۶۸/۶۶۷
P-value (TOW-tailed)	۰/۰۲۴	۰/۰۱۲
alpha	۰/۰۵	۰/۰۵

همچنین نتایج بررسی روند تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی پس از وقوع آتش نشان داد که در سال ۲۰۰۹ مقدار شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی بین آتش و کنترل دارای اختلاف معنی‌داری نیست (دلیلی بر تشابه منطقه کنترل و آتش)، اما در یک سال پس از وقوع آتش در سال ۲۰۱۰ اختلاف معنی‌داری بین شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش و کنترل وجود دارد. به طوری که مقدار شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه کنترل بیشتر از منطقه آتش است و از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ مقدار شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه آتش بیشتر از منطقه کنترل می‌باشد. همچنین از سال ۲۰۱۵ تا سال ۲۰۲۳ روند تقریباً مشابهی بین منطقه آتش و کنترل وجود دارد (شکل ۸).



شکل (۸): نمودار من-کندال شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی آتش و کنترل در منطقه بیوره

نتایج مقایسه میانگین شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مناطق آتش و کنترل وجود دارد، به خصوص در سال اول وقوع آتش (۲۰۱۰) و کمترین اختلاف بین منطقه کنترل و آتش در سال ۲۰۲۳ بود (شکل ۹).



شکل (۹): مقایسه میانگین شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی مناطق آتش و کنترل در منطقه بیوره

#### ۳-۱-۲- نتایج آنالیز آزمون من-کندال آتش و کنترل شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه کبیرکوه

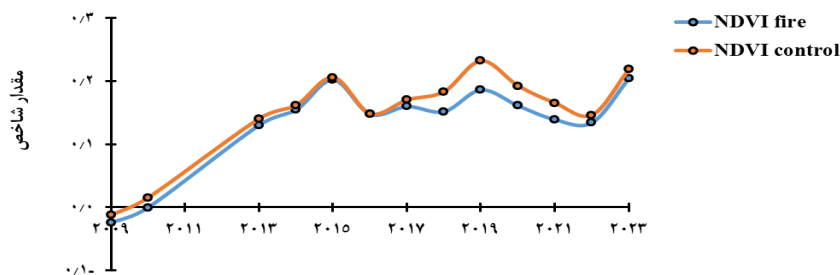
نتایج آزمون من-کندال شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه کبیرکوه در مقیاس زمانی سالانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول (۴) آورده شده است. بر اساس این جدول مقدار P-value در هر دو منطقه آتش و کنترل به ترتیب ۰/۰۲۴ و ۰/۰۳۷ می‌باشد و اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان پنج درصد در منطقه آتش و کنترل مشاهده می‌شود.

همچنین نتایج بررسی روند تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی پس از وقوع آتش نشان داد که در سال ۲۰۱۷ مقدار شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی بین آتش و کنترل دارای اختلاف معنی‌داری نیست (دلیلی بر تشابه منطقه کنترل و آتش)، اما در یک سال پس از وقوع آتش

در سال ۲۰۱۸ اختلاف معنی‌داری بین شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش و کنترل وجود دارد. به طوری که مقدار شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی از سال ۲۰۱۸ تا سال ۲۰۲۱ در منطقه کنترل بیشتر از منطقه آتش می‌باشد اما از سال ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۳ مقدار این شاخص در منطقه آتش و کنترل روند مشابهی دارند (شکل ۱۰).

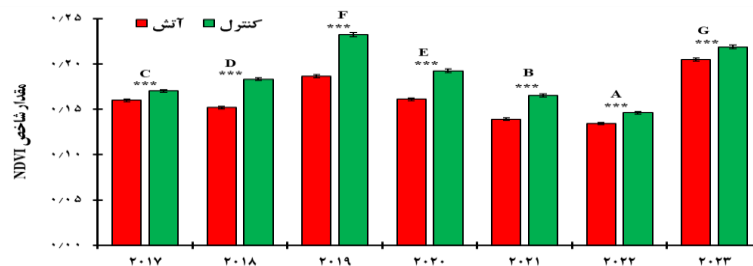
جدول (۴): نتایج آزمون من-کندال آتش و کنترل شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه کبیرکوه

آماره	آتش	کنترل
Kendall's tau	-/۴۸۷	-/۳۸۵
S	۳۸/۰۰۰	۳۰/۰۰۰
Var (S)	۲۶۸/۶۶۷	۲۶۸/۶۶۷
P-value (TOW-tailed)	-/۰۲۴	-/۰۳۷
alpha	-/۰۵	-/۰۵



شکل (۱۰): نمودار من-کندال شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی آتش و کنترل در منطقه کبیرکوه

نتایج مقایسه میانگین شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه کبیرکوه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مناطق آتش و کنترل در تمام سال‌ها وجود دارد و در تمام سال‌ها مقدار منطقه کنترل بیشتر از منطقه آتش است (شکل ۱۱).



شکل (۱۱): مقایسه میانگین شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی بین مناطق منطقه آتش و کنترل در منطقه کبیرکوه

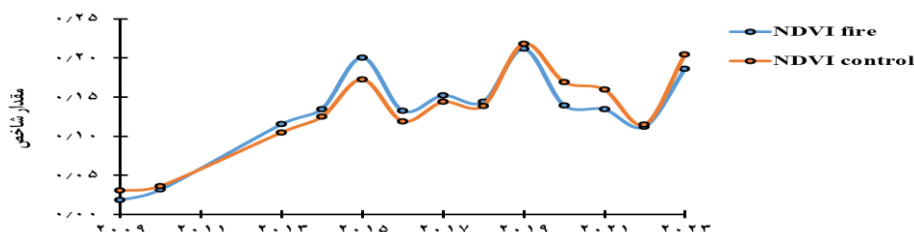
۳-۱-۳- نتایج آنالیز آزمون من-کندال آتش و کنترل شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه سیرانه  
نتایج تجزیه و تحلیل معنی‌داری روند آزمون من-کندال شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه سیرانه در مقیاس زمانی سالانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول (۵) آورده شده است. بر اساس این جدول مقدار P-value در هر دو منطقه آتش و کنترل به ترتیب ۰/۰۲۷ و ۰/۰۱۷ می‌باشد و اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان پنج درصد در منطقه آتش و کنترل مشاهده می‌شود.

جدول (۵): نتایج آزمون من-کندال آتش و کنترل شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه سیرانه

آماره	آتش	کنترل
Kendall's tau	-/۳۳۳	-/۵۱۳
S	۲۶/۰۰۰	۴۰/۰۰۰
(S) Var	۲۶۸/۶۶۷	۲۶۸/۶۶۷
(TOW-tailed) P-value	-/۰۲۷	-/۰۱۷
alpha	-/۰۵	-/۰۵

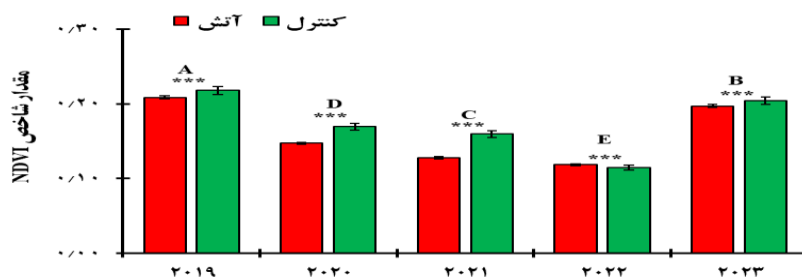
نتایج بررسی روند تغییرات شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی پس از وقوع آتش نشان داد که در سال ۲۰۱۹ مقدار شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی بین آتش و کنترل دارای اختلاف معنی‌داری نیست (دلیلی بر تشابه منطقه کنترل و آتش)، همچنین در یک سال پس از وقوع آتش در

سال ۲۰۲۰ اختلاف معنی‌داری بین شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش و کنترل وجود دارد. به طوری که مقدار شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۰ تا سال ۲۰۲۱ در منطقه کنترل بیشتر از منطقه آتش می‌باشد، اما از سال ۲۰۲۲ تا سال ۲۰۲۳ مقدار این شاخص در هر دو منطقه روند مشابهی دارند (شکل ۱۲).



شکل (۱۲): نمودار من-کندال شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی آتش و کنترل در منطقه سیرانه

نتایج مقایسه میانگین شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی مناطق آتش و کنترل منطقه سیرانه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مناطق آتش و کنترل در تمام سال‌های مورد بررسی وجود داشته، به طوری که در تمام سال‌ها به جز سال ۲۰۲۲ مقدار شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه کنترل از منطقه آتش بیشتر بوده است و همچنین کمترین اختلاف در سال ۲۰۱۹ بین تیمار آتش و کنترل وجود داشت (شکل ۱۳).



شکل (۱۳): مقایسه میانگین شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی مناطق آتش و کنترل در منطقه سیرانه

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه تخریب زمین از شاخص‌های خاصی، از جمله شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال‌شده به‌دست آمده از داده‌های ماهواره‌ای به‌طور گسترده‌ای در جهت برآورد و تخمین تغییرات پوشش گیاهی موارد استفاده قرار می‌گیرد و توانایی آن در مطالعات مختلف تخریب زمین نشان داده شده است (Vandandorj et al., 2015). یکی از مزیت‌های اصلی استفاده از داده‌های سنجنش از دور این است که آنها می‌توانند به‌طور قطعی در ارزیابی فرآیند تخریب جنگل و جنگل‌زدایی با هزینه بسیار پایین‌تر از سایر روش‌ها باشد (Olander, 2012). گیاهان نقش اساسی را در فراهم کردن نیازهای اساسی انسان دارند (Khajoei Nasab and Khosravi, 2014). در پژوهش حاضر رویکرد پایش و تحلیل تعیین روند داده‌های سری زمانی سالانه شاخص طیفی ماهواره لندست نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی در بازه زمانی (۲۰۰۹ تا ۲۰۲۳) در هر سه منطقه (بیوره، کبیرکوه و سیرانه) شهرستان ملکشاهی که توانایی بالاتری در تشخیص مناطق سوخته شده از مناطق کنترل داشت برای کشف تغییرات زمانی در مقیاس منطقه‌ای به‌کار رفت. از آنجایی که تغییرات پوشش گیاهی طی زمان پویا و توزیع آن تصادفی است، از این‌رو، استفاده از روش‌های پارامتری برای مشخص کردن روند دقیق نخواهد بود. همچنین آزمون من-کندال که یکی از روش‌های غیر پارامتری بوده و نیاز به فرض نرمال بودن داده‌ها ندارد (Boschetti et al., 2013) در این پژوهش بهره گرفته شد. این آزمون قدرت و جهت رابطه بین متغیرها را تعیین می‌کند. روند تغییرات پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی منطقه‌ای با استفاده از آزمون غیر پارامتری من-کندال تعیین و مناطق دارای افزایش، کاهش و بدون تغییر پوشش گیاهی در شهرستان ملکشاهی بیوره، کبیرکوه و سیرانه بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۳ مشخص شد. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی در مقابل آتش‌سوزی واکنش نشان داده است، اما جنگل توانسته به مرور زمان خود را احیا و بازسازی کند.

در میان شاخص‌های طیفی موجود، شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی اغلب در آنالیز بازبانی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا قادر است بخش بزرگی از نویز ناشی از تغییر زاویه خورشید، توپوگرافی، ابرها، یا سایه و شرایط جوی را حذف کند (Huete et al., 1999). نتایج به‌دست آمده نشان داد که میزان شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی پس از وقوع آتش‌سوزی در هر سه منطقه بیوره و کبیرکوه و سیرانه شهرستان ملکشاهی در منطقه کنترل و آتش‌داری اختلاف معنی‌داری است، زیرا پوشش گیاهی حذف و شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش کاهش یافته و در منطقه کنترل افزایش پیدا می‌کند و در یک سال پس از وقوع آتش‌سوزی به دلیل بازسازی و احیای مجدد پوشش گیاهی در منطقه

بیوره شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش از منطقه کنترل افزایش می‌یابد و در منطقه کبیرکوه و سیرانه چند سال بعد شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی منطقه آتش سوزی شده تقریباً مشابه منطقه کنترل می‌شود، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی با احیا و بازسازی پوشش گیاهی رابطه مستقیمی دارد و یکی از شاخص‌های مناسب جهت بررسی الگوی رفتار طیفی و آگاهی از فرآیند احیای پوشش گیاهی توده‌های جنگلی سوخته می‌باشد. پس از وقوع آتش‌سوزی تمام گیاهان از بین می‌روند و اولین گروه گیاهی که باز می‌گردند گونه‌های علفی یکساله هستند و چون سرسبزتر و شاداب هستند بازتابش بالاتری دارند، بنابراین انتظار است در سال اول مقدار شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در منطقه آتش از کنترل بیشتر باشد، ولی این مقدار به معنی بازگشت پوشش گیاهی نیست زیرا ممکن است گیاهان مهاجم و گیاهان علفی چند ساله باشند و هنوز گیاهان بوته‌ای و درخچه‌ای احیا نشده باشند. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش (Veraverbeke et al., 2012؛ Meng et al., 2015؛ Nioti et al., 2015) هم‌خوانی دارد. به بیان Tucker (۱۹۷۹) شاخص ماهواره‌ای نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی در پایش گیاهان بسیار مفید است. شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، می‌تواند تغییرات سطح پوشش گیاهی را به دلیل همبستگی قوی بین پوشش گیاهی و شاخص مذکور اندازه‌گیری کند (Zhang et al., 2004). شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، که از نسبت ترکیبی باندهای مادون قرمز و قرمز اندازه‌گیری می‌شود. به‌عنوان شاخص کارا در شناسایی ظرفیت فتوسنتز و بررسی تغییرات محیط زیستی و بوم‌شناسی استفاده می‌شود. از دیدگاه Lanfredi et al. (۲۰۱۵)، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی برای شناسایی تنش پوشش گیاهی نیز قابل اعتماد است، زیرا در نتیجه تخریب پوشش گیاهی در سرزمین، ویژگی‌های پوشش گیاهی، مانند سلامت، تراکم و نظیر آن تغییر عمده می‌یابد. شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی می‌تواند معیاری عمومی برای بیان شرایط پوشش گیاهی بوده و سلامت گیاهان را تشخیص دهد، زیرا در اثر تخریب گیاه در اکوسیستم، مقدار شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی نیز با کاهش سبزی‌نگی کاهش می‌یابد (Shewangzaw, 2014).

## ۵- نتیجه‌گیری

پایش مکانی- زمانی وضعیت پوشش گیاهی پس از وقوع آتش‌سوزی در یک منطقه می‌تواند نقش مهمی در اتخاذ تصمیمات بهینه برای کاهش اثرات آتش‌سوزی داشته باشد. اهمیت پوشش گیاهی به‌عنوان عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازده‌های تعیین شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تولید سری زمانی و پایش مکانی- زمانی مناطق سوخته با استفاده از شاخص طیفی نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی می‌توان گفت شاخص طیفی نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی مورد استفاده در این مطالعه توانایی و قابلیت شناسایی آتش و بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و احیای مجدد آن را در پی سالیان پس از آتش‌سوزی دارا هست. زمان بازگشت پوشش گیاهی وابسته به پارامترهای زیادی می‌باشد. از این‌رو شناسایی تغییرات پوشش گیاهی که در زمان آتش‌سوزی رخ می‌دهد به دلیل پیش‌بینی روند تغییرات آینده، حائز اهمیت است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی توان شاخص طیفی نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی و همچنین دستیابی به آمار و اطلاعات صحیح از پدیده آتش‌سوزی در راستای مدیریت مؤثر عرصه‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه انجام شد. و استفاده از این شاخص طیفی می‌تواند به‌عنوان شاخصی که قادر به پایش طولانی مدت آتش‌سوزی به‌صورت مکانی- زمانی است، برای مدیران و تصمیم‌گیران مورد توجه قرار گیرد.

## منابع

- دستی‌گردی، م، نادی، م، رائینی سرجاز، م، و کیاپاشا، خ. (۱۴۰۱). تحلیل روند پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی ماهواره مودیس در شمال شرق ایران. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۹(۱)، ۱۵۰-۱۳۵.
- دارستانی فراهانی، ع. (۱۴۰۳). بررسی اثر آتش‌سوزی بر پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی بخش آذربایجان شرقی سال ۱۳۹۸. پایا شهر، ۶۵(۶)، ۳۷-۱.
- رودسرابی، ز، خانیانی، ع. س، و کیانی، ع. (۱۴۰۱). پایش مکانی- زمانی تغییرات پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای قدرت تفکیک متوسط. سومین کنفرانس ملی داده‌کاوی در علوم زمین، دانشکده مهندسی علوم زمین، اراک، بهمن ۱۴۰۱.
- سیاه منصور، ر، کمالی، ن، و محمدیان، ع. (۱۴۰۲). اثر حریق بوته‌زار بر میزان و نوع تغییرات پوشش گیاهی در مراتع تابستانه فراکش استان لرستان. حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۲۲(۱)، ۱۴۱-۱۲۷.
- فتحی، ز، و پیرباوقار، م. (۱۴۰۳). پایش بازیابی پوشش گیاهی پس از آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های میروان با استفاده از سنجش از دور. جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران، ۱۶(۵)، ۱۲۹-۱۱۵.
- ملکی، م، ملکائی، ل، ولیزاده، ک، و ولیزاده، خ. (۱۳۹۹). مدل‌سازی وقوع و گسترش جبهه‌ی آتش‌سوزی با استفاده از روش اتوماتای سلولی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده ارسباران). محیط زیست طبیعی، ۷۳(۱)، ۱۴۱-۱۲۹.
- میرداوودی، ح. ر، گودرزی، غ. ر، یوسفی، ی، فرمهبینی، ا و سیاه منصور، ر. (۱۳۹۸). بررسی اثرات کوتاه مدت آتش‌سوزی بر تغییرات پوشش گیاهی در مراتع استان مرکزی (مطالعه موردی: مراتع خسیجان). مرتع، ۱۳(۱)، ۶۴-۵۲.
- مخدوم، م. (۱۳۸۱). شالوده آمایش سرزمین. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۲۸۹ص.
- Boschetti, M., Nutini, F., Brivio, P. A., Bartholomé, E., Stroppiana, D., and Hoscilo, A. (2013). Identification of environmental anomaly hot spots in West Africa from time series of NDVI and rainfall. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 78, 26-40.
- Cai, W., Yang, J., Liu, Z., Hu, Y., and Weisberg, P.J. (2013). Post-fire tree recruitment of a boreal larch forest in Northeast China. Forest Ecology and Management, 307, 20-29.

- Eckert, S., Hüsler, F., Liniger, H., and Hodel, E. (2015). Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 113, 16-28.
- Han, J., Shen, Z., Ying, L., Li, G., and Chen, A. (2015). Early post-fire regeneration of a fire-prone subtropical mixed Yunnan pine forest in Southwest China: Effects of pre-fire vegetation, fire severity and topographic factors. *Forest Ecology and Management*, 356, 31-40.
- Huete, A., Justice, C., and Van Leeuwen, W. (1999). MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis document, 3(213), 295-309.
- Kendall, M. (1975). *Rank Correlation Methods*. Griffin & Co, London: ISBN 0 -85264 -199 - 0.
- Khajoei Nasab, F.K., and Khosravi, A.R. (2014). Ethnobotanical study of medicinal plants of Sirjan in Kerman Province, Iran. *Journal of Ethnopharmacology*, 154(1), 190-197.
- Kinoshita, A.M., and Hogue, T.S. (2011). Spatial and temporal controls on post-fire hydrologic recovery in Southern California watersheds. *Catena*, 87(2), 240-252.
- Lanfredi, M., Coppola, R., Simoniello, T., Coluzzi, R., D'Emilio, M., Imbrenda, V., and Macchiato, M. (2015). Early identification of land degradation hotspots in complex bio-geographic regions. *Remote Sensing*, 7(6), 8154-8179.
- Levin, D. (2020). Determinants of post-fire vegetation recovery in the Santa Monica Mountains, southern California. M.Sc Thesis, Department of Earth and Environmental Science, University of Pennsylvania, Philadelphia, 21p.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 245-259.
- Modarres, R., and da Silva, V.D.P.R. (2007). Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, 70(2), 344-355.
- Moritz, M.A., Keeley, J.E., Johnson, E.A., and Schaffner, A.A. (2004). Testing a basic assumption of shrubland fire management: How important is fuel age?. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(2), 67-72.
- Meng, R., Dennison, P.E., Huang, C., Moritz, M.A., and D'Antonio, C. (2015). Effects of fire severity and post-fire climate on short-term vegetation recovery of mixed-conifer and red fir forests in the Sierra Nevada Mountains of California. *Remote Sensing of Environment*, 171, 311-325.
- Nioti, F., Xystrakis, F., Koutsias, N., and Dimopoulos, P. (2015). A remote sensing and GIS approach to study the long-term vegetation recovery of a fire-affected pine forest in southern Greece. *Remote Sensing*, 7(6), 7712-7731.
- Olander, L.P., Galik, C.S., and Kissinger, G.A. (2012). Operationalizing REDD+: scope of reduced emissions from deforestation and forest degradation. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(6), 661-669.
- Shen, M., Zhang, G., Cong, N., Wang, S., Kong, W., and Piao, S. (2014). Increasing altitudinal gradient of spring vegetation phenology during the last decade on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189-190(7), 71-80.
- Shewangzaw, M. (2014). Vegetation dynamics analysis using normalized differences vegetation index as indicator of restoration or degradation, south wollo zone, northern ethiopia (Doctoral dissertation).
- Shvetsov, E.G., Kukavskaya, E.A., Buryak, L.V., and Barrett, K. (2019). Assessment of post-fire vegetation recovery in Southern Siberia using remote sensing observations. *Environmental Research Letters*, 14(5), 055001.
- Tucker, C.J., Slayback, D.A., Pinzon, J.E., Los, S.O., Myneni, R.B., and Taylor, M.G. (2001). Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *International Journal of Biometeorology*, 45(4), 184-190.
- Vandandorj, S., Gantsetseg, B., and Boldgiv, B. (2015). Spatial and temporal variability in vegetation cover of Mongolia and its implications. *Journal of Arid Land*, 7(4), 450-461.
- Veraverbeke, S., Gitas, I., Katagis, T., Polychronaki, A., Somers, B., and Goossens, R. (2012). Assessing post-fire vegetation recovery using red-near infrared vegetation indices: Accounting for background and vegetation variability. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 68, 28-39.
- Van Leeuwen, W.J., Casady, G.M., Neary, D.G., Bautista, S., Alloza, J.A., Carmel, Y., Wittenberg, L., Malkinson, D., and Orr, B.J. (2010). Monitoring post-wildfire vegetation response with remotely sensed time-series data in Spain, USA and Israel. *International Journal of Wildland Fire*, 19(1), 75-93.
- Vanderhoof, M.K., Burt, C., and Hawbaker, T.J. (2018). Time series of high-resolution images enhances efforts to monitor post-fire condition and recovery, Waldo Canyon fire, Colorado, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 27(10), 699-713.
- Zhang, X., Friedl, M.A., Schaaf, C.B., and Strahler, A.H. (2004). Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid- and high latitudes inferred from MODIS data. *Global Change Biology*, 10(7), 1133-1145.
- Zhang, H., Eziz, A., Xiao, J., Tao, S., Wang, S., Tang, Z., Zhu, J., and Fang, J. (2019). High-resolution vegetation mapping using eXtreme gradient boosting based on extensive features. *Remote Sensing*, 11(12), 1505.

## Analysis of Post-Fire Vegetation Cover Changes Using a Time Series of Satellite Images in Malekshahi County

**Kobra Azizi<sup>\*1</sup>, Abdolali Karamshahi<sup>2</sup>, Reza Omidipour<sup>3</sup>**



### Research Article

1. PhD in Forest Science and Engineering, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

[k.azizi71@yahoo.com](mailto:k.azizi71@yahoo.com)

\* Corresponding author

2. Associate Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

[a.karamshahi@ilam.ac.ir](mailto:a.karamshahi@ilam.ac.ir)

3. Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

[r.omidipour@ilam.ac.ir](mailto:r.omidipour@ilam.ac.ir)

**Article Code:** 2512-1143

**Continues Pagination:** 1143-1153

**Received:** 25 December 2025

**Accepted:** 24 February 2026

**Online:** 23 April 2026

**Review speed:** 62 days

### Citation:

Azizi, K., Karamshahi, A., and Omidipour, R. (2025). Analysis of Post-Fire Vegetation Cover Changes Using a Time Series of Satellite Images in Malekshahi County. *Management of Natural Ecosystems*, 5(3), 24-34.

### Abstract

Wildfire is a catastrophic phenomenon causes structural changes in vegetation cover. The estimated average annual burned area in the world's forests is four million square kilometers, and these wildfires lead to the destruction of vegetation cover, global warming, and the loss of biodiversity. Given the importance of the topic, post-fire vegetation changes were analyzed using a time series of satellite images. To investigate post-fire vegetation changes, data from three large-scale wildfires (covering the entire burned area) in different years—2010, 2017, and 2019—were used, which occurred in the Bivareh, Kabir-Kuh, and Siraneh regions of Malekshahi County, respectively. In this study, satellite images from the wildfire years were first downloaded from the USGS website, and then the NDVI index was used for fire detection using TerrSet 2020 and GIS software. Additionally, the Mann-Kendall Tau test was applied in Excel software to examine the trends of vegetation cover changes in fire-affected and control areas in the years following the wildfires. The results showed that by generating time series and conducting spatiotemporal monitoring of burned areas using spectral indices, the NDVI spectral index used in this study, based on the Mann-Kendall Tau test, has the ability to assess vegetation cover changes and its regeneration in the years following wildfires. Additionally, the significance analysis of the Mann-Kendall trend test for the NDVI index was conducted on an annual time scale at the 95 percent confidence level. A significant difference at the 5 percent confidence level was observed in both burned and control areas. Identifying the effects of wildfires on vegetation characteristics in forest ecosystems is of particular importance for post-fire management. Therefore, this study was conducted to examine the impacts of wildfire trend of vegetation cover changes and to understand the behavior of vegetation in response to wildfire for the management of Malekshahi County forests.

### Key Words:

Mann-Kendall test, Forest, Satellite data, NDVI.