



پایش تغییرات جنگل‌های بلوط زاگرس با استفاده از فناوری سنجش از دور

مرتضی میری^{۱*}، علی اکبر نوروزی^۲

۱- دانشجویار پژوهش، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه:

morteza.miri64@gmail.com | کد ارکید: 0000-0001-6186-0803

۲- استاد پژوهش، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

چکیده

جنگل‌های بلوط زاگرس طی دهه‌های اخیر تحت تأثیر رخدادهای حدی اقلیمی و فشارهای انسانی با پدیده زوال و خشکیدگی روبه‌رو شده‌اند. گسترش این پدیده، شناسایی به‌موقع مناطق آسیب‌دیده و برنامه‌ریزی برای اجرای اقدامات حفاظتی و احیایی را به یکی از نیازهای اساسی اداره‌های منابع طبیعی و آبخیزداری تبدیل کرده است. باتوجه به وسعت زیاد جنگل‌های زاگرس و دشواری دسترسی به بسیاری از عرصه‌ها به دلیل شرایط طبیعی و محدودیت‌های اجرایی و اقتصادی، پایش میدانی به‌تنهایی پاسخگوی نیازهای مدیریتی نیست. در چنین شرایطی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند امکان بررسی گسترده و مستمر وضعیت پوشش جنگلی را فراهم کند. بررسی تغییرات سبزیگی در جنگل‌های زاگرس نشان داد که روند کاهش پوشش سبز از سال ۲۰۰۵ آغاز شده و در سال ۲۰۰۸ به بیشترین میزان رسیده بود. همچنین، عرصه‌های دارای شیب تند، دامنه‌های جنوبی و ارتفاعات بالا، آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به کاهش سبزیگی داشتند. تطابق نتایج حاصل از تحلیل تصاویر ماهواره‌ای با مشاهدات میدانی نیز نشان داد که اطلاعات سنجش‌ازدور می‌توانند ابزار مؤثری برای شناسایی مناطق دارای تنش و اولویت‌بندی بازدیدهای میدانی باشند. بر این اساس، کارشناسان منابع طبیعی می‌توانند با تلفیق تصاویر ماهواره‌ای، شاخص‌های سبزیگی و بازدیدهای میدانی هدفمند، مناطق دارای کاهش پوشش گیاهی را شناسایی و برای اجرای اقدامات حفاظتی و احیایی اولویت‌بندی کنند. به‌کارگیری این رویکرد، ضمن افزایش سرعت و گستره پایش و کاهش هزینه‌های بازدید میدانی می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری و مدیریت مؤثرتر جنگل‌های زاگرس کمک کند. درنهایت، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های سنجش‌ازدور برای پایش سالانه و دوره‌ای تغییرات سبزیگی و شناسایی پهنه‌های دارای افت پوشش گیاهی در جنگل‌های بلوط زاگرس توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، خشکیدگی، زوال، شاخص سبزیگی.

بیان مسئله

جنگل‌ها به‌عنوان پوشش‌های سبز طبیعی، نقش حیاتی در حفظ تعادل بوم‌سازگان، حفاظت از خاک و منابع آبی، تأمین اکسیژن و پشتیبانی از تنوع زیستی ایفا می‌کنند. این منابع ارزشمند تحت تأثیر ترکیبی از عوامل طبیعی از جمله تغییرات فصلی رشد

درختان، رقابت بین گونه‌ها و حوادث اقلیمی و نیز فشارهای انسانی مانند تغییر کاربری زمین و جنگل‌زدایی قرار دارند (Pietrzyk and Lindenbergh, 2014). پایش این تغییرات برای مدیریت پایدار جنگل‌ها و برنامه‌ریزی منابع طبیعی به‌ویژه در رویشگاه‌های مهمی همچون جنگل‌های زاگرس که از نظر وسعت، تنوع گونه‌ای و اهمیت اقتصادی و حفاظتی در سطح ملی برجسته هستند، ضروری است. برای پاسخ‌گویی به نیازهای اطلاعاتی در مدیریت جنگل باتوجه‌به هدف و وسعت منطقه مورد مطالعه از منابع متفاوتی مانند بررسی‌های میدانی، عکس‌برداری هوایی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود. اگرچه روش‌های میدانی و سنتی در بررسی تغییرات جنگل‌ها، دقت زیادی دارند، اما اجرای آن‌ها در عرصه‌های وسیع مستلزم صرف زمان و هزینه قابل‌توجهی است. در مقابل، سنجش‌ازدور با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های پوشش گیاهی مانند شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI)، امکان پایش سریع، گسترده و به‌نسبت کم‌هزینه تغییرات پوشش جنگلی را فراهم می‌کند (Sakthivel et al., 2010). پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده‌اند که تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور می‌توانند تغییرات تراکم، شادابی و سلامت جنگل‌ها و نیز عوامل مؤثر بر این تغییرات را در بازه‌های زمانی بلندمدت آشکار کنند و اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی فراهم کنند (میری، ۱۳۹۵؛ نوروزی و همکاران، ۱۴۰۱؛ مرادی و همکاران، ۱۴۰۵؛ Hansen et al., 2013; Mitchell et al., 2017; Torres et al., 2021).

جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و گسترده‌ترین رویشگاه‌های جنگلی ایران از نظر وسعت، تنوع گونه‌ای و کارکردهای اقتصادی و حفاظتی، اهمیت ویژه‌ای دارند. باین‌حال، گزارش‌های سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور نشان می‌دهند که بخش قابل‌توجهی از این بوم‌سازگان‌های ارزشمند به‌ویژه در استان‌های فارس، ایلام، لرستان، کرمانشاه، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد طی سال‌های اخیر دچار خشکیدگی شده‌اند یا در معرض خطر خشکیدگی قرار دارند (Haidari et al., 2025). گستردگی این جنگل‌ها، ناهم‌واری شدید توپوگرافی و محدودیت امکانات باعث شده است که پایش میدانی به‌تنهایی پاسخ‌گوی نیازهای مدیریتی برای شناسایی به‌موقع مناطق آسیب‌دیده نباشد. در چنین شرایطی، مدیران و کارشناسان منابع طبیعی به ابزارهایی نیاز دارند که بتوانند تغییرات پوشش جنگلی را در مقیاس گسترده و در بازه‌های زمانی مختلف بررسی کنند. تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آرشیوی سنجش‌ازدور این امکان را فراهم می‌کنند که روند تغییرات سبزی‌گی و وضعیت پوشش گیاهی در طول زمان ارزیابی و مناطق دارای کاهش غیرعادی پوشش شناسایی شوند. این اطلاعات می‌تواند مبنایی برای اولویت‌بندی بازدیدهای میدانی و برنامه‌ریزی اقدامات حفاظتی و مدیریتی باشد. بر این اساس، مسئله اصلی این پژوهش، ارائه روشی ساده، کاربردی و کم‌هزینه برای پایش مستمر تغییرات پوشش جنگلی و شناسایی مناطق دارای افت غیرعادی سبزی‌گی در جنگل‌های زاگرس است. این روش می‌تواند در فرایند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی اجرایی اداره‌های منابع طبیعی و آبخیزداری استفاده شود. در این راستا و به‌منظور پایش روند تغییرات پوشش جنگلی در استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد از شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) استخراج‌شده از داده‌های سنجنده MODIS به‌دلیل پوشش زمانی مناسب و تصاویر ماهواره‌ای Landsat به‌دلیل تفکیک مکانی مناسب در کنار داده‌های میدانی ثبت‌شده از مناطق دارای علائم خشکیدگی استفاده شد.

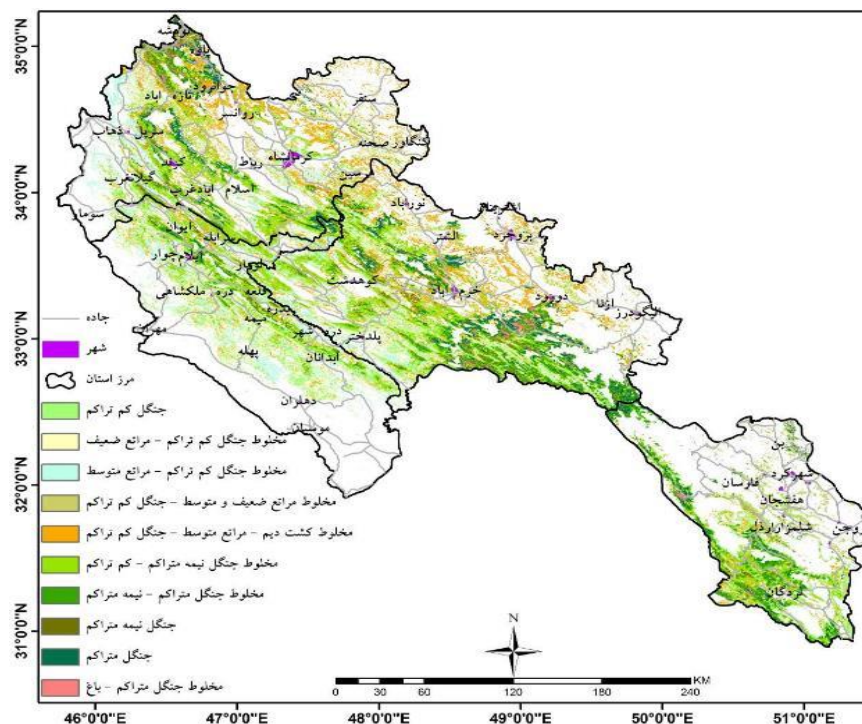
دستاوردها

دست‌آورد اصلی این پژوهش، ارائه یک روش کاربردی برای پایش و شناسایی مناطق دارای افت پوشش جنگلی در جنگل‌های زاگرس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و اطلاعات میدانی است. این روش به‌گونه‌ای طراحی شده است که کارشناسان منابع طبیعی بتوانند بدون نیاز به تحلیل‌های پیچیده، روند تغییرات سبزی‌گی را در سطح منطقه‌ای پایش کنند. اهمیت این رویکرد از آنجا ناشی می‌شود که گستردگی جنگل‌های زاگرس، ناهم‌واری شدید منطقه و محدودیت نیروی انسانی و امکانات اجرایی، پایش

جامع و مستمر عرصه‌ها را فقط از طریق بررسی‌های میدانی دشوار و در بسیاری موارد غیرممکن می‌کند. از این‌رو، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به‌عنوان ابزاری به‌نسبت کم‌هزینه و در دسترس می‌تواند زمینه‌پایش گسترده‌تر عرصه‌های جنگلی و تأمین اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را فراهم کند.

گام اول: تهیه و انتخاب داده‌های ماهواره‌ای

در این مرحله، محصول شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) حاصل از سنجنده MODIS به‌دلیل پوشش زمانی زیاد برای بررسی روند تغییرات پوشش جنگل‌های زاگرس انتخاب می‌شود (شکل ۱). همچنین، تصاویر ماهواره Landsat به‌دلیل تفکیک مکانی مناسب برای بررسی تغییرات پوشش اراضی و تحلیل الگوی مکانی این تغییرات در دوره‌های زمانی مختلف استفاده می‌شوند.



شکل ۱- طبقه‌های پوشش جنگلی برای منطقه مورد مطالعه براساس تصاویر MODIS

گام دوم: شناسایی افت غیرعادی پوشش گیاهی

با تحلیل تغییرات زمانی شاخص NDVI، پهنه‌هایی که کاهش معنی‌دار و غیرعادی در میزان سبزی‌نگی پوشش گیاهی نشان می‌دهند، به‌عنوان مناطق دارای تنش یا افت وضعیت پوشش جنگلی شناسایی می‌شوند. این مرحله فقط بیانگر تغییر در وضعیت سبزی‌نگی و پوشش گیاهی است و به‌تنهایی نمی‌تواند مبنای تشخیص قطعی خشکیدگی درختان باشد. از این‌رو، نتایج آن باید در مراحل بعدی با داده‌های میدانی و سایر شاخص‌ها و شواهد سنجش‌ازدوری تلفیق و اعتبارسنجی شود.

گام سوم: تهیه نقشه پهنه‌های اولویت‌دار

نتایج تحلیل‌ها به‌صورت نقشه‌های مکانی ارائه می‌شود تا مناطق دارای افت سبزی‌نگی به‌صورت پهنه‌ای مشخص شوند. این نقشه‌ها مبنای تصمیم‌گیری مدیریتی قرار می‌گیرند.

گام چهارم: بازدید میدانی هدفمند

کارشناسان منابع طبیعی براساس نقشه‌های تولیدشده، بازدیدهای میدانی را در مناطق دارای افت سبزی‌نگی انجام می‌دهند تا وضعیت واقعی پوشش جنگلی بررسی و صحت‌سنجی شود.

گام پنجم: اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی

براساس نتایج بازدید میدانی و شدت افت سبزی‌نگی، مناطق بحرانی برای اقدامات حفاظتی، احیایی یا مدیریتی در اولویت قرار می‌گیرند.

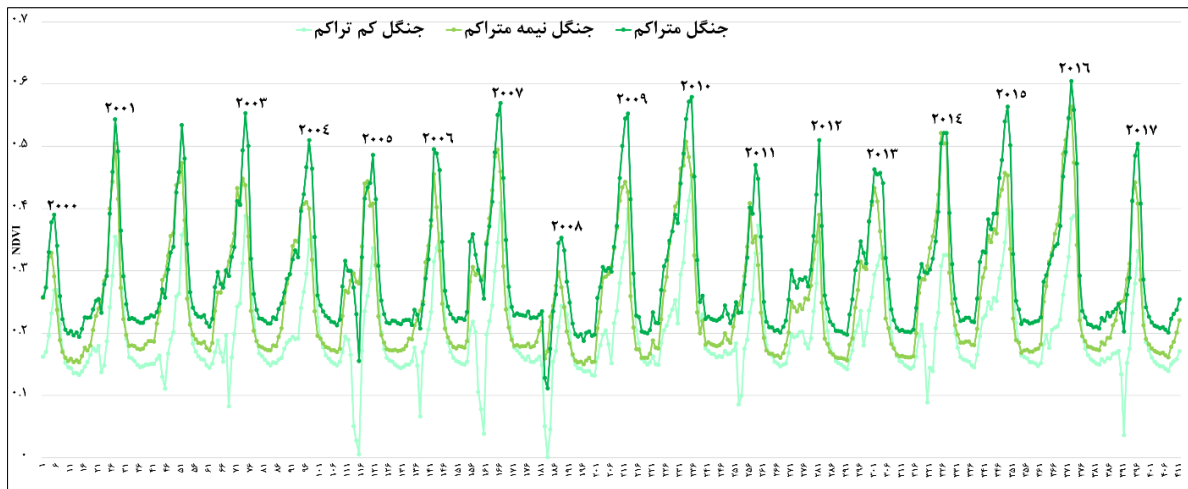
اجرای روش و نتایج ماهواره‌ای

اجرای این روش در مناطق جنگلی استان‌های کرمانشاه، ایلام، لرستان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد نشان داد که بخش زیادی از جنگل‌های زاگرس را جنگل‌های کم‌تراکم و نیمه‌متراکم تشکیل می‌دهند که طی دهه‌های اخیر، بخش‌هایی از این جنگل‌ها دارای تغییرات قابل توجه در شاخص سبزی‌نگی هستند. همچنین، پوشش جنگلی با اراضی کشاورزی در بسیاری از مناطق ترکیب شده است که این موضوع در کاهش کیفیت و افزایش آسیب‌پذیری جنگل‌ها نقش دارد (شکل ۲).



شکل ۲- الف) جنگل‌های کمتر دست‌خورده زاگرس در پایین‌دست پشت تونل ورودی شهر ایلام؛ ب) جنگل‌های تخریب‌یافته زاگرس با علائم خشکیدگی و سرخشکیدگی در منطقه تجریان ایلام (عکس‌ها از مرتضی میری).

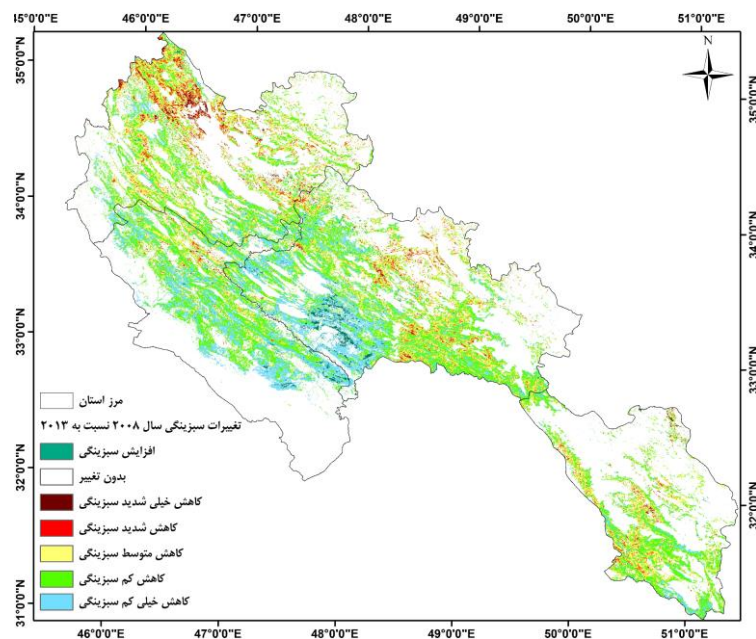
بررسی روند زمانی شاخص NDVI نشان داد که در برخی سال‌ها به‌ویژه در سال ۲۰۰۸، کاهش قابل توجهی در میزان سبزی‌نگی پوشش گیاهی رخ داده است (شکل ۳؛ جدول ۱). این تغییرات در بخش‌های مختلف زاگرس به‌صورت پراکنده و لکه‌ای مشاهده شد. تحلیل الگوی مکانی تغییرات نیز نشان داد که بیشترین افت سبزی‌نگی در بخش‌هایی از شمال استان کرمانشاه، نواحی مرکزی و شرقی استان لرستان، مناطق شرقی و شمال‌شرقی استان ایلام و بخش‌هایی از غرب استان چهارمحال و بختیاری رخ داده است (شکل ۴). این یافته‌ها نشان می‌دهد که داده‌های سنجش‌ازدور به‌ویژه شاخص NDVI، ظرفیت مناسبی برای شناسایی و پایش تغییرات مکانی-زمانی سبزی‌نگی پوشش گیاهی دارند. از این‌رو، تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان ابزاری کارآمد می‌توانند برای شناسایی پهنه‌های دارای تنش، آشکارسازی تغییرات غیرعادی سبزی‌نگی و تعیین کانون‌های افت پوشش گیاهی در مقیاس منطقه‌ای استفاده شوند.



شکل ۳- روند تغییرات سبزیگی جنگل‌های زاگرس طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS ماهواره TERRA

جدول ۱- تعداد پیکسل‌های همراه با افزایش یا کاهش سبزیگی در سال ۲۰۰۸ نسبت به سال ۲۰۱۳

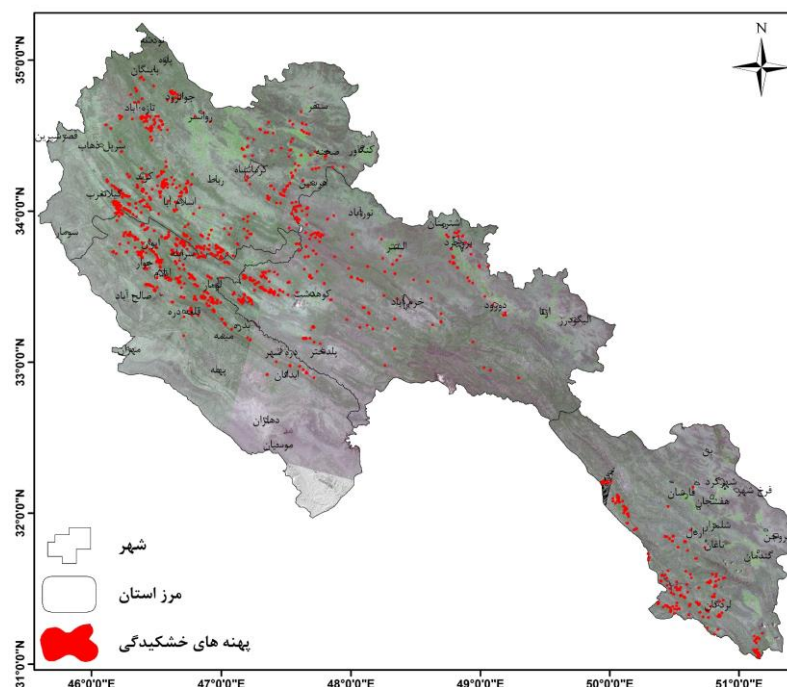
ردیف	نام کلاس	تعداد پیکسل	مساحت (هکتار)
۱	کاهش خیلی شدید سبزیگی	۹۲۳۰	۵۷۶۸۸
۲	کاهش شدید سبزیگی	۴۴۰۲۵	۲۷۵۱۵۶
۳	کاهش متوسط سبزیگی	۱۶۰۱۵۳	۱۰۰۰۹۵۶
۴	کاهش کم سبزیگی	۲۶۱۸۵۶	۱۶۳۶۶۰۰
۵	کاهش خیلی کم سبزیگی	۱۲۶۷۶۴	۷۹۲۲۷۵
۶	بدون تغییر	۴۴۰۳۳	۲۷۵۲۰۶
۷	افزایش سبزیگی	۹۵۷۴	۵۹۸۳۸



شکل ۴- تغییرات مقادیر سبزیگی طبقه‌های مختلف جنگل در سال ۲۰۰۸ نسبت به سال ۲۰۱۳

نتایج بازدیدهای میدانی

بازدیدهای میدانی در استان‌های مورد مطالعه نشان داد که پدیده خشکیدگی و سرخشکیدگی در بخش‌های مختلف جنگل‌های بلوط زاگرس گسترش یافته است. بیشترین آسیب در جنگل‌های بلوط مشاهده شد. هرچند سایر گونه‌های جنگلی نیز در برخی مناطق تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. پهنه‌های گسترده خشکیدگی در مناطقی مانند مله‌سیاه، تجریان، منطقه بارز، جنگل‌های بوژان، جلالوند، عثمانوند و بخش‌هایی از پلدختر و خرم‌آباد مشاهده شد. در برخی نقاط نیز درختان به‌طور کامل خشک شده بودند. بررسی‌های میدانی نشان داد که شدت آسیب در دامنه‌های جنوبی، شیب‌های تند، مناطق آفتاب‌گیر و ارتفاعات بالاتر بیشتر است. این موضوع نقش مهم شرایط اقلیمی و تنش‌های محیطی را در تشدید آسیب‌پذیری جنگل‌های زاگرس تأیید می‌کند. نتایج مصاحبه با جوامع محلی نیز نشان داد که کاهش بارش برف، افزایش دما و کاهش سرمای زمستانه از جمله عوامل مهم مرتبط با تشدید خشکیدگی درختان بوده‌اند. همچنین، در برخی رویشگاه‌ها مشاهده شد درختانی که شاخه‌های خشک آن‌ها به‌صورت محدود، اصولی و هدفمند حذف شده بود، وضعیت رویشی بهتری داشتند. باین‌حال، این مشاهده به‌تنهایی نمی‌تواند مبنای توصیه عمومی هرس قرار گیرد. از این‌رو، حذف شاخه‌های خشک باید فقط در شرایط مناسب با رعایت زمان‌بندی صحیح و تحت نظارت کارشناس انجام شود و نمی‌توان آن را به‌عنوان راهکاری عمومی برای مدیریت خشکیدگی در همه رویشگاه‌ها توصیه کرد. درمجموع، تطابق نتایج حاصل از داده‌های ماهواره‌ای با مشاهده‌های میدانی نشان داد که روش ارائه‌شده توانایی مناسبی در شناسایی و پایش مناطق دارای تنش و افت پوشش گیاهی در جنگل‌های زاگرس دارد (شکل ۵). در این چارچوب، شاخص NDVI حاصل از سنجنده MODIS می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های کارآمد در پایش تغییرات پوشش گیاهی و ابزاری کمکی برای تصمیم‌گیری مدیریتی در مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۵. پهنه‌های خشکیدگی جنگل‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS و Landsat و بازدیدهای میدانی

جمع‌بندی و توصیه‌های ترویجی

پایش جنگل‌های زاگرس بهتر است به صورت دوره‌ای و در پایان فصل رویش از اواخر بهار تا تابستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (Landsat) و مادیس (MODIS) انجام شود تا تغییرات سبزی‌نگی پوشش گیاهی در مقیاس‌های منطقه‌ای و موضعی شناسایی و روند تغییرات آن‌ها ارزیابی شود. در این پایش، توجه ویژه به مناطق حساس از جمله دامنه‌های جنوبی، شیب‌های تند و ارتفاعات بالا ضروری است؛ زیرا تغییرات پوشش گیاهی در این مناطق می‌تواند از اهمیت بیشتری برای پایش و ارزیابی وضعیت بوم‌شناختی برخوردار باشد. در صورت مشاهده کاهش معنی‌دار در شاخص سبزی‌نگی نرمال‌شده (NDVI)، پهنه‌های دارای افت سبزی‌نگی می‌توانند به عنوان مناطق اولویت‌دار برای بررسی‌های میدانی تعیین شوند. پس از راستی‌آزمایی میدانی و مشخص شدن علت تغییرات، اقدامات حفاظتی و احیایی متناسب با شرایط هر منطقه به صورت هدفمند برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود. این رویکرد، با پیوند دادن پایش ماهواره‌ای و ارزیابی میدانی، امکان شناسایی سریع‌تر پهنه‌های دارای تغییرات غیرعادی و هدایت عملیات مدیریتی به سوی مناطق بحرانی را فراهم می‌کند. در نتیجه، منابع انسانی و مالی به جای صرف شدن برای پایش گسترده و غیرهدفمند بر پهنه‌های دارای اولویت متمرکز می‌شوند و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی با دقت، سرعت و کارایی بیشتری انجام خواهد شد.

توصیه‌های ترویجی

- ❖ اداره‌های منابع طبیعی و آبخیزداری استان‌های زاگرس‌نشین در پایان هر فصل رویش (اواخر بهار تا تابستان)، نقشه‌های تغییرات پوشش جنگلی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat تهیه کنند و مناطق دارای افت شدید سبزی‌نگی را برای بازدید میدانی در اولویت قرار دهند.
- ❖ مدیریت‌های استانی منابع طبیعی و آبخیزداری به صورت فصلی از تصاویر MODIS برای پایش روند کلی تغییرات سبزی‌نگی در سطح گسترده استفاده کنند و مناطق مشکوک به افت پوشش گیاهی را به واحدهای شهرستانی ارجاع دهند.
- ❖ واحدهای اجرایی منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان‌ها براساس نقشه‌های تولیدشده، بازدیدهای میدانی هدفمند را در مناطق بحرانی انجام دهند و وضعیت درختان بلوط را ثبت و گزارش کنند.
- ❖ سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، ایجاد سامانه یکپارچه پایش جنگل‌های زاگرس مبتنی بر تلفیق داده‌های سنجنش‌ازدور و اطلاعات میدانی را در اولویت برنامه‌های اجرایی خود قرار دهد.
- ❖ دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی، پروژه‌های مشترک با اداره‌های منابع طبیعی و آبخیزداری را برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی مکانی-زمانی خشکیدگی جنگل‌ها بر پایه داده‌های سنجنش‌ازدور و GIS در بازه‌های میان‌مدت اجرا کنند.

فهرست منابع

- میری، م.، ۱۳۹۵. واکاوی ارتباط تغییر اقلیم و زوال جنگل‌های زاگرس مطالعه موردی منطقه ایلام. رساله دکتری تخصصی در رشته جغرافیای طبیعی- اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ۱۴۷ صفحه.
- میری، م.، عزیزی، ق.، محمدی، ح. و پوره‌اشمی، م.، ۱۳۹۵. واکاوی زوال جنگل‌های استان ایلام و ارتباط آن با تغییرات بارش. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، (۳) ۲۳؛ ۵۱۵-۵۰۲.
- نوروزی، ع.ا.، میری، م.، ۱۳۹۹. سامانه بررسی، پایش و ارزیابی وضعیت توده‌های خشکیدگی جنگل‌های بلوط غرب کشور، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ۹۰ صفحه.

- نوری، ع.ا.، میری، م.، نیک کامی، د.، رضیئی، ط.، سررشته داری، ا. و شعاعی، ض.، ۱۴۰۱. ارزیابی تاثیر مخاطرات اقلیمی بر خشکیدگی جنگل‌های بلوط غرب کشور. مهندسی و مدیریت آب‌خیز، ۱۴(۴): ۴۳۷-۴۲۴.
- مرادی، ف.، کریمی پور، ح. و سروآزاد، ع.، ۲۰۲۶. ماهواره‌های ابرطیفی؛ راهکاری برای بهبود پایش خشکیدگی جنگل‌های زاگرس. زیست‌بوم و توسعه پایدار زاگرس، ۱(۱): ۴۹-۴۲.
- Haidari, M., Jahanbazy Goujani, H., Maleki, S., Jaafari, A., ...and Khanhasani, M., 2025. Oak decline in the Zagros Forests: Temporal variation, severity, and environmental and stand structural drivers. *Global Ecology and Conservation*, 62: e03811.
- Mitchell, A.L., Rosenqvist, A. and Mora, B., 2017. Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD. *Carbon Balance and Management*, 12(1):9.
- Pietrzyk, P.J. and Lindenbergh, R.C., 2014. Detection of harvested trees in forests from repeated high density airborne laser scanning. *ISPRS Annals of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 5: 275-280.
- Sakthivel, R., Manivel, M., Jawahar raj, N., Pugalanthi, V., Ravichandran, N. and Vijay, D.A., 2010. Remote sensing and GIS based forest cover change detection study in Kalrayan hills, Tamil Nadu. *Journal of Environmental Biology*, 31(5): 737-747.
- Torres, P., Rodes-Blanco, M., Viana-Soto, A. and Nieto, H., 2021. The role of remote sensing for the assessment and monitoring of forest health: A Systematic Evidence Synthesis. *Forests*, 12(8): 1134.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher., ... and Townshend, J.R.G., 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160): 850-853.



Monitoring changes in Zagros oak forests (in Iran) using remote sensing technology

Morteza Miri^{1*}, Ali Akbar Noroozi²

1* - Associate professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: morteza.miri64@gmail.com | ORCID ID: [0000-0001-6186-0803](https://orcid.org/0000-0001-6186-0803)

2- Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 23/May/2026 Revised: 15/June/2026 Accepted: 26/June/2026

Abstract

The Zagros oak forests have experienced increasing degradation and dieback in recent decades as a result of extreme climatic events and anthropogenic pressures. The expansion of this phenomenon, together with the need for timely identification of affected areas and planning for appropriate conservation and restoration measures, has become a major management priority for natural resource agencies. Given the vast extent of the Zagros forests and the difficulties associated with accessing many forest areas due to challenging terrain as well as operational and economic constraints, field-based monitoring alone cannot adequately meet management needs. Under such circumstances, satellite imagery provides an effective means of conducting extensive and continuous assessments of forest condition over large areas. An analysis of changes in forest greenness across the Zagros region indicated that the declining trend in vegetation cover began in 2005 and reached its maximum magnitude in 2008. Areas characterized by steep slopes, south-facing aspects, and higher elevations exhibited greater vulnerability to declines in vegetation greenness. Furthermore, the consistency between satellite-derived assessments and field observations demonstrated that remote sensing data can serve as an effective tool for identifying areas experiencing vegetation stress and prioritizing field surveys. Accordingly, natural resource specialists can integrate satellite imagery, vegetation indices, and targeted field observations to identify areas exhibiting declining vegetation cover and prioritize them for conservation and restoration interventions. This integrated approach can increase the speed and spatial coverage of forest monitoring while reducing the costs associated with extensive field surveys, thereby supporting more efficient decision-making and improving the effectiveness of Zagros forest management. Ultimately, the use of satellite imagery and remote sensing-based vegetation indices is recommended for annual and periodic monitoring of changes in forest greenness and for identifying areas experiencing vegetation decline across the Zagros oak forests.

Key words: Decline, dieback, satellite imagery, vegetation index.