دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

تحلیل زمانی- فضایی خشک‌سالی و خشکیدگی درختان بلوط جنگل‌های زاگرس در استان ایلام

شمس‌اله عسگری[۱]، طیب رضیئی[۲]، احمد حسینی[۳] و علی نجفی‌فر[۴]

۱- استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(نویسنده مسوول: Shamsasgari@yahoo.com)
۲- دانشیارپژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- استادیار بخش تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۳
صفحه : ۸۶ تا ۹۶

چکیده

یکی از مسائل مهم جنگل‌های زاگرس ایلام، خشکیدگی درختان بلوط است و هدف از این تحقیق تحلیل زمانی- فضایی ارتباط خشکیدگی درختان بلوط با خشک‌سالی‌های رخ داده است. به‌منظور شناسایی نقاط خشکیده بلوط، با استفاده از روش تعیین نمونه‌های تعلیمی در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای MODIS استفاده شد و نقشه پراکنش خشکیدگی درختان بلوط به صورت رستری تهیه شد. جهت تحلیل زمانی و مکانی خشک‌سالی در استان ایلام از شاخص NDVI حاصل از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در دوره آماری سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. برای تحلیل فضایی ارتباط خشکیدگی جنگل بلوط با خشک‌سالی‌ها، از مدل‌های توزیع الگوی فضایی مدل خودهمبستگی فضایی موران انتخاب شد. نتایج تلفیق پهنه‌بندی خشک‌سالی‌ها از شاخص NDVI با نقشه پراکنش خشکیدگی بلوط در دو سری زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ در تحلیل شاخص موران نشان داد که خشکیدگی بلوط از الگوی خوشه‌ای برخوردار است و خشکیدگی درختان بلوط به‌صورت توده‌ای در حال گسترش است. همچنین بین روند خشک‌سالی در ابعاد مکانی و زمانی و روند خشکیدگی بلوط در سال‌های اخیر در مناطق مختلف ایلام رابطه معنی‌داری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: ایلام، خشک‌سالی، خشکیدگی جنگل، شاخص موران، NDVI

مقدمه

پویایی بوم سازگان زاگرس به‌ویژه در استان ایلام به پوشش جنگل‌های بلوط وابسته است. بنابراین خشکیدگی این جنگل‌ها تعادل بوم سازگان را دچار اختلال خواهد کرد و بازگشت به شرایط مناسب بسیار مشکل خواهد بود. یکی از پدیده‌های خزنده و مؤثر در سال‌های اخیر پدیده خشک‌سالی و متعاقب آن خشکیدگی جنگل‌های منطقه زاگرس ایلام است که بنابر اهمیت درختان بلوط ضرورت دارد در این خصوص پژوهش‌هایی جهت چاره‌جویی انجام شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این مسئله مورد توجه پژوهش‌گران دنیا قرار دارد. همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از عوامل تأثیرگذار بر پراکنش پوشش گیاهی به حساب می‌آید (۳).

تجزیه و تحلیل حساسیت شاخص‌های پوشش گیاهی به خشکسالی در دو منطقه دشت تالگراس در ایالات اوکالاهما با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)[۱] نشان داد که تعداد روزهای با شاخص تنش آبی موج کوتاه (LSWI)[۲] کمتر از صفر در طول تابستان و طرح شدت خشک‌سالی مبتنی بر تنش آبی موج کوتاه می‌تواند شاخصی ساده، مؤثر و مکمل برای ارزیابی خشک‌سالی در مراتع و جنگل با وضوح مکانی ۵۰۰ متر باشد (۱۱). نتایج حاصل از تحقیقی در آمریکا که به بررسی رابطه تغییرات بارش و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) با استفاده از طیف سنجی تصاویر مختلف با وضوح متوسط (MODIS) پرداختند حاکی از آن بود که بین بارندگی و پوشش گیاهی ۷۳ درصد همبستگی دیده می‌شود (۴). در تحقیقی که کارایی کلروفیل گندم برای پایش خشک‌سالی با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) ارزیابی شد، نتایج نشان داد این شاخص در مقیاس‌های زمانی و مکانی بزرگ کاربرد مناسبی دارد (۸).

در تحقیقی که پایش خشک‌سالی با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و ارتباط آن با فاکتورهای اقلیمی جهت شدت خشک‌سالی و توزیع مکانی آن در مغولستان از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ در فصل رشد انجام شده است، نتایج نشان داد که مغولستان در طول ۱۷ سال خشک‌سالی خفیف تا شدید را تجربه کرده است. سال‌های بسیار آسیب‌دیده به‌ترتیب سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۶ بود که ۴۱٪ تا ۵۷٪ از کشور در شرایط خشک‌سالی خفیف و شدید قرار داشت. تجزیه و تحلیل همبستگی زمانی با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)با هر دو متغیر بارش و دما معنی‌دار بود، اما بارش ($P<0.005$ ،$R = 0.46$) همبستگی بیشتری نسبت به درجه حرارت ($P <0.005$ ،$R = -0.40$) با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) داشت و تجزیه و تحلیل ارتباط مکانی بین شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و دو متغیر بارش و دما با توجه به نوع پوشش زمین و محیط رشد گیاهان، متفاوت است (۹). نتایج تحقیقی در منطقه جنگلی استوایی در برزیل در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ نشان داد که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)براساس تصاویر سنجده مودیس برای تجزیه و تحلیل فضایی و زمانی وقایع خشک‌سالی و روند پوشش

1- Normalized difference vegetation index
2- Land Surface Water Index

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

گیاهی مناسب می باشد (۷). در تحقیقی که به‌منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی از شاخص بارش استاندارد شده و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد و همبستگی بین این دو شاخص در نواحی مختلف استان اصفهان سنجیده شد، نتایج نشان داد که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) می‌تواند جایگزین مناسب برای شاخص‌های اقلیمی در ارزیابی و پایش خشک‌سالی‌ها باشد (۵).

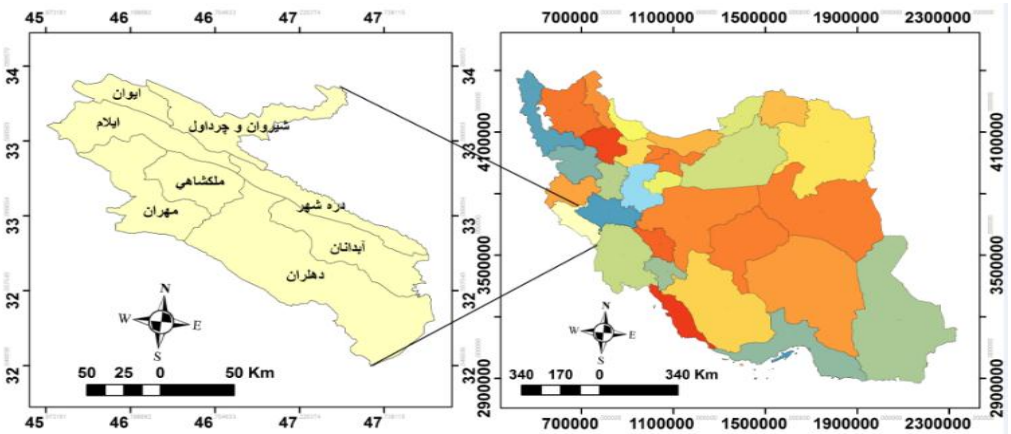
در تحقیقی اثر خشک‌سالی روی پوشش گیاهی استان کردستان طی دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۰ با استفاده تصاویر سنجنده مودیس بررسی شد. نتایج نشان دادکه بین میانگین شاخص بارش استانداردشده (SPI) و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) همبستگی بالایی در سطح معناداری ۰/۰۱ وجود دارد و با کاهش تقریباً ۰.۲۰- از میزان شاخص بارش استانداردشده (SPI) به‌طور متوسط ۱.۲ درصد سطح پوشش گیاهی ضعیف افزایش می‌یابد (۱۰). در تحقیقی خشکیدگی درختان جنگلی استان ایلام با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در یک دوره ۱۵ ساله بررسی شد. میزان تاثیرگذاری تغییرات بارش و ریزگردها در افزایش روند خشکیدگی درختان جنگلی استان ایلام، با انجام یک رگرسیون خطی دو متغیره بدست آمد که نتایج سهم ۶۲ درصدی تغییرات بارش و ۳۸ درصدی گردوخاک را نشان داد (۱۸). نتایج تحقیق تاثیر رطوبت خاک در خشکیدگی بلوط با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در استان ایلام نشان داد که در دوره ۷ ساله خشک‌سالی از ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ کاهش شدید رطوبت خاک رابطه معنی‌داری با خشکیدگی بلوط (ضریب ۰/۸۶) داشته که همزمان با خشک‌سالی و کاهش بارندگی بوده است (۴). در تحقیقی که به‌منظور پایش وضعیت خشکیدگی بلوط در منطقه ایلام انجام شد، مشخص شد که در سطح استان ایلام و به‌ویژه جنگل‌های استان رخداد پدیده خشک‌سالی در اثر کاهش بارندگی از فراوانی قابل توجهی برخوردار است. شدیدترین خشک‌سالی‌ها طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۵ اتفاق افتاده است. بررسی روند زمانی سبزینگی درختان منطقه نشان داد که طی سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ از مقدار سبزینگی درختان به‌طور قابل توجهی کاسته شده است. این شرایط نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین پارامتر اقلیمی بارش با سبزینگی درختان منطقه است (۱۴).

با توجه به اینکه در این تحقیق ارتباط بین دو داده خروجی پیکسلی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و داده پیکسلی نقاط خشکیده درختان بلوط در سطح استان ایلام بررسی شده است، لذا تحلیل رابطه فضایی و زمانی داده‌های پراکنده خشکسالی و خشکیدگی بلوط از شاخص موران، که با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) توان تحلیل ارتباط هر پیکسل با پیکسل‌های همجوار خود را دارد، در سطح آماری معنی‌داری با دقت مناسبی استخراج شده است که این روش می‌تواند نوآوری برای این تحقیق داشته باشد.

مواد و روش‌ها

استان ایلام با مساحتی حدود ۱۹۹۷۵/۶۶ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیائی ۴۵ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی قرار دارد.

شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان‌ها و استان ایلام را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان‌ها و استان ایلام
Figure 1. Geographical location of Ilam city and province.

روش پژوهش

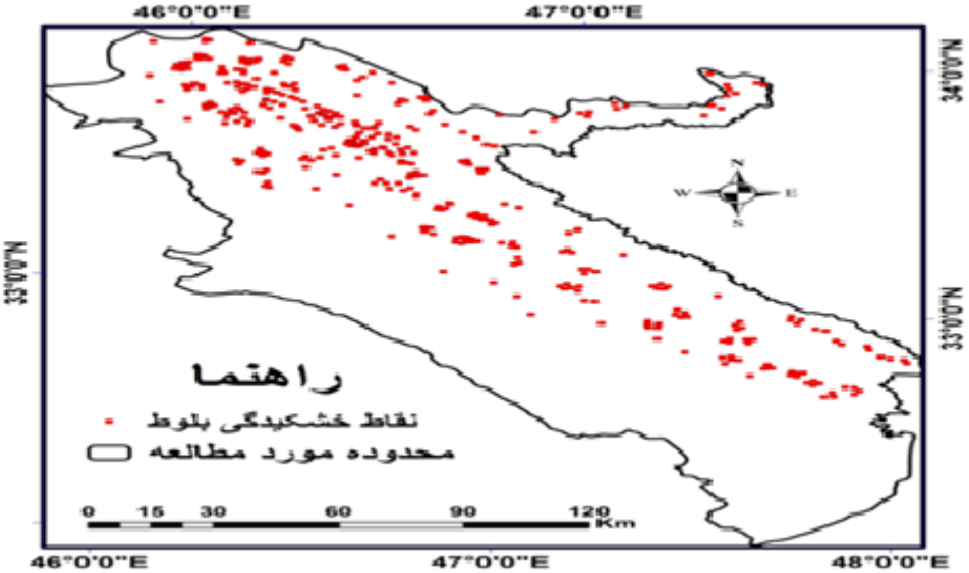
شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) تبدیل نرمال شده از نسبت قابلیت انعکاس بین امواج مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز (RED) می باشد که از رابطه (rNIR/rRED) حاصل می‌شود، این شاخص برای استاندارد کردن ارزش شاخص پوشش گیاهی که بین ۱+ و ۱- قابل تغییر است طراحی شده و عدد صفر به معنی عدم پوشش گیاهی است. همچنین مقادیر منفی برای نشان دادن سطوحی

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

به غیر از پوشش گیاهی مانند آب و برف کاربرد دارد (۱۲). از آنجایی که امروزه سنجنده‌های متعددی در مطالعات پایش خشک‌سالی به‌کار می‌روند، در مطالعه حاضر از اطلاعات سنجنده مودیس استفاده شد، زیرا در مقایسه با سنجنده‌های دیگر، با داشتن باندهای مختلف و طیف الکترومغناطیسی بالقوه برای نظارت بر خشک‌سالی مناسب‌تر است (۶). از سال ۲۰۰۰ پس از کسب اولین داده‌های ماهواره‌ای این سنجنده، اطلاعات آن به‌منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی مدنظر قرار گرفت. روند تغییرات پوشش گیاهی را می‌توان با استفاده از تصاویر سنجده مودیس و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در منطقه نشان داد.

بنابراین در این تحقیق سری‌های زمانی سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر مودیس بین ۲۴ فوریه ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۹ (۴۶۰ تصویر) به دست آمد و برای تهیهٔ نیم‌رخ‌های زمانی ۱۹ ساله شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) مورد استفاده قرار گرفت.

برای هر ماه یک تصویر و در نهایت میانگین تصاویر ۱۲ ماهه هر سال محاسبه شد و به یک تصویر تبدیل شد. یعنی به‌طور کلی برای هرسال یک تصویر و در مجموع از ۱۹ تصویر برای پایش سالیانه تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد. با اجرای دستور جبر و مقابله (ALgebra)با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) از میانگین لایه‌های سری زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ یک لایه نهایی و از میانگین سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ یک لایه نهایی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استخراج شد. به منظور شناسایی نقاط خشکیده بلوط، از روش میدانی مختصات ۴۴۶ نقطه خشکیده با استفاده از سیستم موقیت یاب جهانی (GPS) برداشت شده و در هر نقطه تعداد درخت خشک شده ثبت گردید ابعاد هر نقطه جهت انطباق با هر پیکسل تصویر ماهواره‌ای ۳۰ مترمربع در نظر گرفته شد که بعد از تجزیه و تحلیل به طور میانگین در هر نقطه تقریبا ۳ عدد درخت خشکیده محاسبه شد. با استفاده از روش تعیین نمونه‌های تعلیمی که از عملیات میدانی ثبت گردیده بود در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس نقشه پراکنش خشکیدگی درختان بلوط به صورت رستری تهیه شد. در نهایت پهنه‌بندی‌های خروجی مناطق خشکسالی از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) با خروجی لایه خشکیدگی بلوط حاصل از عملیات میدانی برای سری‌های زمانی انتخاب شده تلفیق شد. از لحاظ بصری میزان انطباق کاهش سبزینگی با خشکیدگی درختان بلوط روی نقشه‌های تهیه شده قابل مشاهده است، اما جهت تحلیل فضایی و سطح معنی‌داری آماری ارتباط مناطق خشک‌سالی با خشکیدگی جنگلی بلوط از مدل خود همبستگی فضایی موران استفاده شد. شکل۲ مربوط به نقشه نقاط خشکیدگی درختان بلوط است که در بعضی از مناطق به‌صورت توده خشکیدگی درآمده است.



شکل ۲- نقشه پراکنش نقاط خشکیدگی بلوط استان ایلام
Figure 2. Map of the distribution of oak drying points in Ilam province

تحلیل فضایی خشکیدگی درختان بلوط در سطح استان ایلام

شناخت الگوها و کشف روابط متغیر وابسته خشکیدگی درختان جنگلی بلوط و روندهای موجود در داده‌های فضایی و متغیرهای مستقل از اهمیت زیادی در این تحقیق برخوردار است. اینکه درختان خشکیده چگونه در سطح منطقه توزیع شده‌اند و آیا توزیع درختان خشکیده از الگوی خاصی پیروی می‌کند، روند داده‌ها چگونه است و به چه شکلی توزیع فضایی خشکیدگی بلوط با خشکسالی‌های اخیر در ارتباط است و...، همگی سؤالاتی هستند که برای پاسخگویی به آنها مدل‌های توزیع الگوی فضایی بررسی شده و با استفاده از بهترین مدل الگوی توزیع فضایی خشکیدگی درختان بلوط در سطح منطقه

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

شناسایی و معرفی شده است. به طور کلی الگوهای توزیع فضایی عبارتند از: متوسط نزدیکترین فاصله همسایگی، خوشه‌بندی زیاد و کم، خوشه‌بندی چندفاصله‌ای، خودهمبستگی فضایی (۱). الگوهای ذکر شده داری معایب و محاسنی هستند که هر کدام در پژوهش‌های جغرافیایی جایگاه خاص خود را دارند. با اشراف بر کارایی مدل‌ها می‌توان بهترین ابزار آماری را برای الگویابی در ارتباط با موضوع تحقیقی خود انتخاب نمود، در این تحقیق بعد از تجزیه و تحلیل داده‌های خشکیدگی بلوط با داده‌های ضریب شاخص خشکسالی، بهترین مدل، خود همبستگی فضایی موران شناخته شده و به کمک آن با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGis) نتایج آنالیز شده و نشان داده شده است (۱).

تحلیل خود همبستگی فضایی موران

خودهمبستگی فضایی یکی از کاربردی‌ترین و مهم‌ترین ابزارهای تحلیلی برای تحقیق در مورد داده‌های فضایی است.

این تحلیل الگوی توزیع عوارض در فضا را با ملاحظه همزمان موقعیت مکانی و خصیصه مورد نظر ارزیابی می‌کند. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده و یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند. این ابزار در حقیقت آماره و یا شاخص موران (Moran's indix) را محاسبه می‌کند و با استفاده از امتیاز استاندارد (z) وسطح احتمال خطا (p-value) به ارزیابی و معنادار بودن شاخص محاسبه شده می‌پردازد (۱).

شاخص موران برای خودهمبستگی فضایی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{n}{sn}\frac{\sum_i \sum_j \omega_{ij}(x_{ij}-\bar{x})wijzizj}{\sum_i (x_i-\bar{x})^2}$$ (رابطه۱)

در اینجا (zi) تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن ($xi-\bar{x}$) می‌باشد. (Wij) وزن فضایی بین عارضه (i) و (j) است، (n) تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده بوده و(Sn) جمع کل وزن‌های فضایی می‌باشد.

امتیاز استاندارد (Z) برای آماره موران از طریق زیر محاسبه می‌شود:

(رابطه۲)

$$Sn = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\omega_{ij} \quad ZI = \frac{1-E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad Z = \frac{E[I]=-\frac{1}{n-1}}{V[I]=E[I^2]-E[I]^2}$$

به طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک باشد، داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند. البته این مقدار از نظر معناداری آماری سنجیده می‌شود.

در نهایت کلاسه‌بندی استان از نظر تغییرات پوشش جنگلی ناشی از خشک‌سالی و خروجی مناطق خشک‌سالی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و خروجی لایه‌های خشکیدگی بلوط حاصل از عملیات میدانی برای دو سری زمانی انتخاب شده اجرا شد و سطح معناداری خشکیدگی بلوط با خشک‌سالی هواشناسی و گستره خشکیدگی بلوط در استان ایلام ناشی از خشک‌سالی با استفاده از مدل ذکر شده شناسایی شده و از لحاظ کمی با روند خشک‌سالی و خشکیدگی جنگلی بلوط در استان ایلام پیش‌بینی شده است.

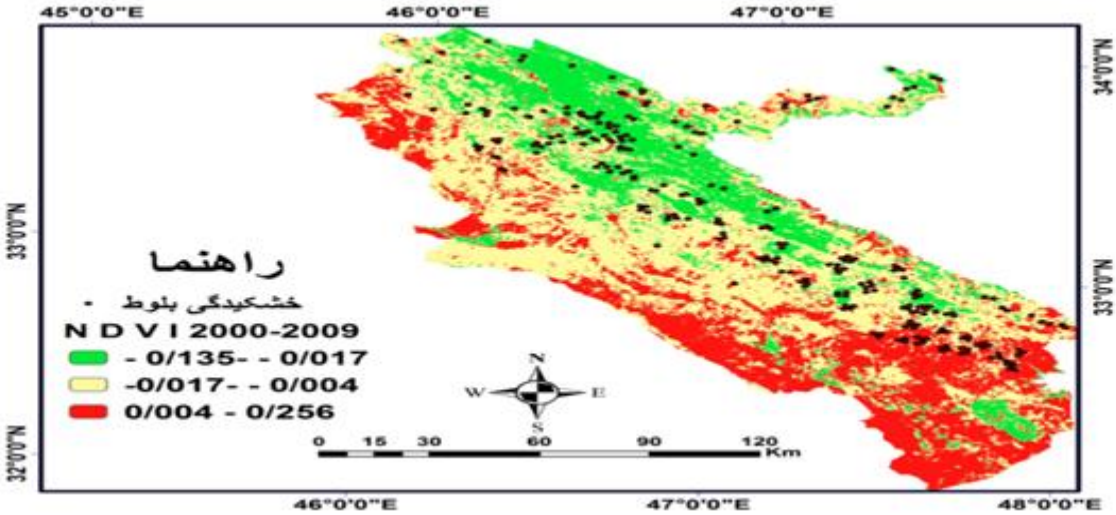
نتایج و بحث

تلفیق خشکیدگی جنگل بلوط با روند تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

معنادار بودن روندهای به‌دست آمده در سطح احتمال $\alpha = 0.05$ نکته بسیار مهمی است که در بسیاری از مطالعات مربوط به روند تغییرات به آن توجه می‌شود. در این تحقیق نیز تمامی روندهای به‌دست آمده در سطح احتمال $\alpha = 0.05$ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در راستای پویایی پوشش گیاهی در محدودهٔ مورد تحقیق، مقدار شیب روند تغییرات شاخص NDVI، به‌صورت بلندمدت برای دوره آماری ۱۹ ساله، با استفاده از روش پارامتری رگرسیون خطی کلاسیک، پیکسل به پیکسل، برای تمامی ۳۲۸۰۴۲ پیکسل واقع شده در محدوده استان ایلام محاسبه شدند. سپس مقادیر شیب روندهای به‌دست آمده در قالب نقشه معناداری شیب روند جهت تحلیل‌های فضایی تهیه شدند. شکل ۲ سری زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و شکل ۳ سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. با توجه به این نقشه‌ها به روشنی مشخص می‌شود که در سری زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ بیشترین روند شیب تغییرات در غرب و جنوب‌غربی که منطقه کم‌بارش و بیابانی استان است، مشاهده شده است و خشکیدگی درختان بلوط در این مناطق بیشتر به‌صورت توده‌ای می‌باشد. در سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ روند خشکیدگی جنگل بیشتر در مناطق شمال‌غربی و غرب استان ایلام به‌صورت بصری نمایان است. بررسی معناداری شیب تغییرات روند پوشش جنگلی در محدودهٔ مورد تحقیق نشان می‌دهد که روند منفی و معنادار پوشش جنگلی (روند کاهشی در مقادیر شاخص NDVI) در گوشهٔ جنوب‌غربی و شمال‌غربی استان ایلام متمرکز شده است. همچنین در چند نقطه شیب تغییرات روند در غرب استان ایلام منفی است. این امر بیان کنندهٔ این موضوع است که تخریب پوشش جنگلی در استان ایلام از سمت مرزهای غربی در حال پیشروی و در حال سرایت به مناطق مرکزی و شرقی استان است که باید مدیریت صحیح در جهت بهبود و احیاء مناطق آسیب دیده در دستور کار مدیران قرار گیرد. نقاط معنادار و منفی روندهای کاهشی در مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) بیشتر در جنوب غربی استان ایلام متمرکز شده که خود جزئی از شمال دشت خوزستان به‌حساب می‌آید. در مقابل روند مثبت و معنی‌دار شیب تغییرات پوشش جنگلی (روندهای نرمال در مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در محدودهٔ استان ایلام در مرکز و شرق محدودهٔ مورد تحقیق تمرکز یافته‌است که در نقشهٔ معناداری با رنگ سبز نمایش داده شده‌اند. با تحلیل تحقیق (۸) در اجرای شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) قابل مقایسه است. در نهایت نقاط با روند تغییرات

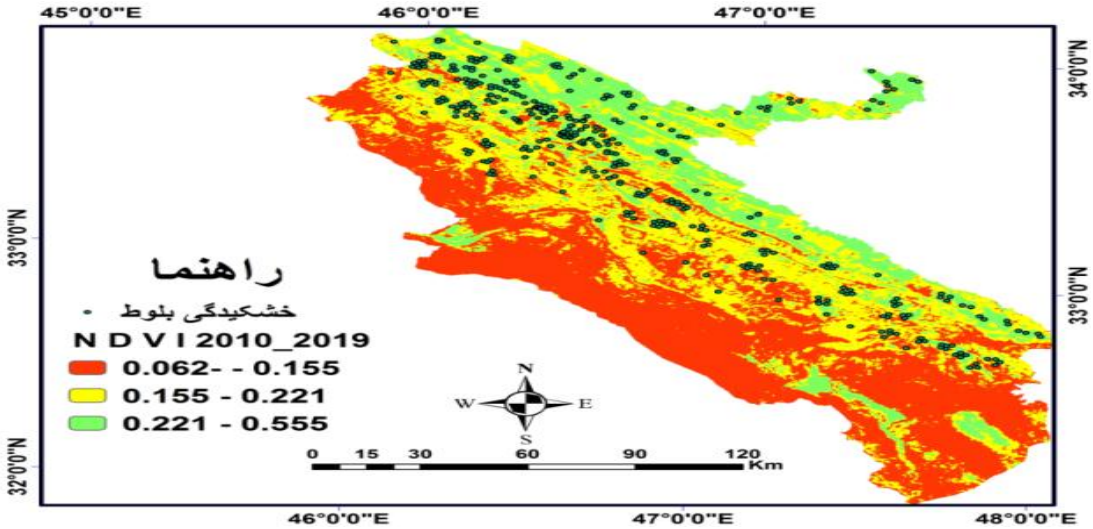
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

شیب کاهشی و خنثی با رنگ زرد نشان داده شده است. نقاط خشکیدگی بلوط که با استفاده از سیستم موقیت یاب جهانی (GPS) برداشت شده‌اند، کاملاً بر مناطق با روند کاهشی منطبق هستند. در نقاطی که بر روند نرمال تغییرات پوشش جنگلی منطبق هستند، نشان‌دهنده توسعه خشکیدگی بلوط است که به صورت توده‌ای در حال پیشرفت است.



شکل ۳- تلفیق خشکیدگی بلوط و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۹

Figure 3 Combination of oak drought and normalized index of vegetation difference (NDVI) from 2000 to 2009

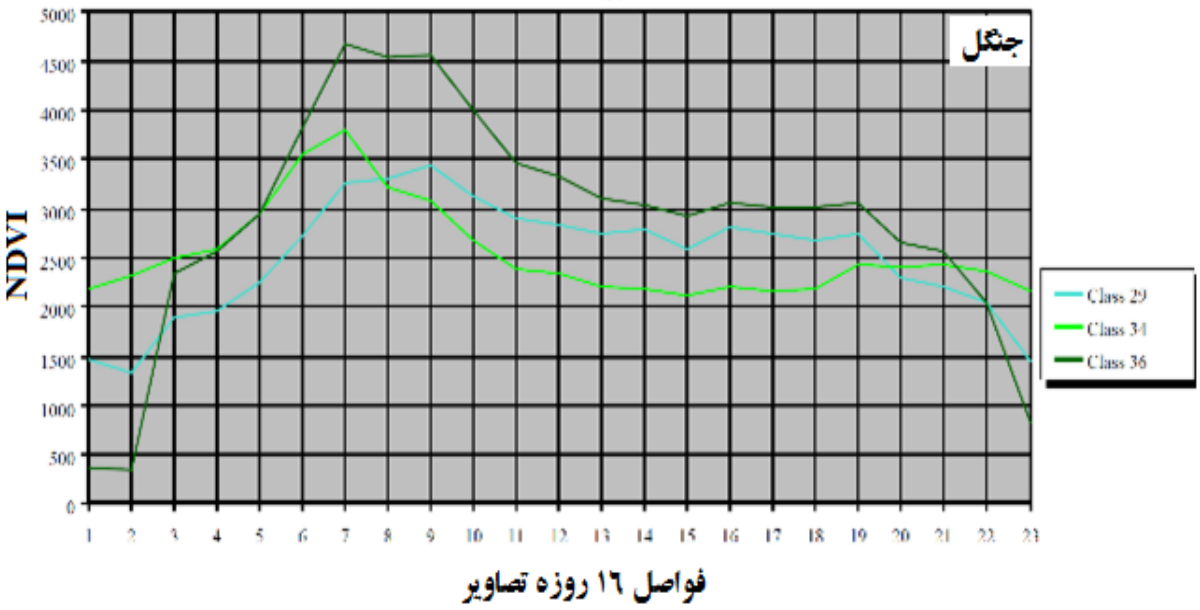


شکل ۴- تلفیق خشکیدگی بلوط و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۰۱۸

Figure 4. Combination of oak drought and normalized index of vegetation difference (NDVI) from 2010 to 2018

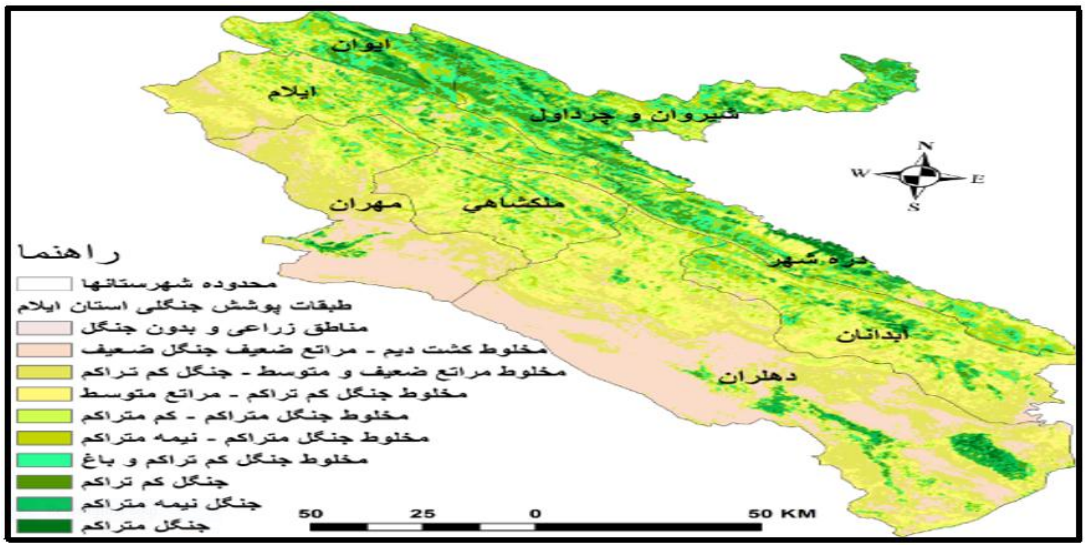
بر اساس نتایج حاصل از طبقه‌بندی ۱۰۰ کلاسه، در نهایت دسته‌بندی به ۴۵ کلاس ماهواره مودیس منطقی‌ترین الگوی تشخیصی برای شناسایی انتخاب شد، چرا که این تعداد کلاس مقادیر کلاس‌ها را کمتر از ۱۰۰ نگه می‌دارد و انطباق مناسبی بین حداقل و میانگین کلاس‌ها وجود دارد.ارزش شاخص میانگین تفکیک‌پذیری در کلاس ۴۵ سنجنده مودیس به اوج می‌رسد و همزمان شاخص حداقل تفکیک‌پذیری نیز از اوج نسبتاً متعادلی برخوردار است. ازاین رو کلاس ۴۵ مطلوب‌ترین تعداد کلاس برای تعیین کاربری اراضی و تفکیک جنگل‌های استان ایلام می‌باشد.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]



شکل ۵- امضاءهای طیفی به تفکیک هر کلاس بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی تصاویر سنجنده مودیس
Figure 5. Spectral signatures for each class based on the results obtained from the classification of MODIS sensor images

پس از رفع همپوشانی کلاس‌ها بر اساس نمودار طیفی حاصل از هر کلاس و همچنین تصاویر و نقاط کنترل زمینی نام‌گذاری شد. در آخر نقشه‌ی کلاس‌های جنگل برای استان ایلام تهیه گردید.



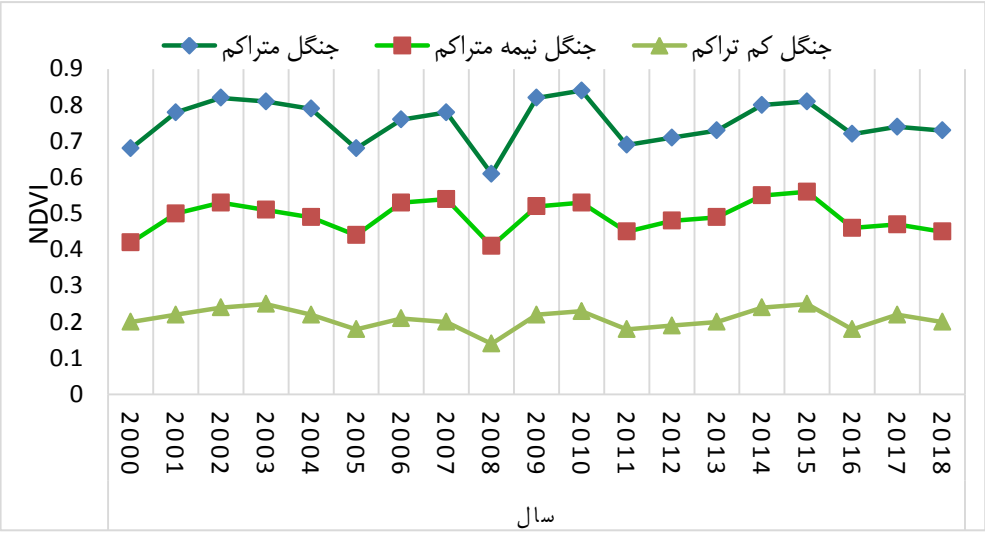
شکل ۶- طبقات پوشش جنگلی برای استان ایلام بر اساس تصاویر مودیس
Figure 6. Forest cover classes for Ilam province based on Modis images

بررسی روند سبزینگی جنگل‌های استان ایلام

پس از تعیین مناطق جنگلی استان ایلام ، روند سبزینگی کلاس‌های جنگل استخراج‌شده طی دوره ۱۹ ساله (۲۰۱۸-۲۰۰۰) هر ۱۶ روز یک‌بار موردبررسی قرار گرفت. همان‌طور که بر روی نمودار مربوط به جنگل‌های کم تراکم، نیمه متراکم و متراکم قابل مشاهده است، طی سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸ کاهش قابل‌توجهی در میزان شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) جنگل‌های استان رخ داده است. این کاهش برای سال ۲۰۰۸ و۲۰۱۰ نسبت به سایر سال‌ها چشمگیرتر می‌باشد. طی این سال ها علاوه بر این که کاهش در زمان حداکثر سبزینگی یعنی اوایل اردیبهشت‌ماه رخ داده است در سایر ماه‌های سال نیز میزان

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) پایین می‌باشد. بررسی و مقایسه پوشش‌های مختلف جنگل طی دوره آماری نیز بیانگر کاهش میزان شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) در سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۶و ۲۰۱۸ می‌باشد که نشان‌دهنده فراگیر بودن روند کاهشی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۷).



شکل ۷- روند سبزینگی سالانه جنگل‌های استان ایلام با استفاده از تصاویر ماهواره‌ی ترا طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۸

Figure 7. Annual greenery trend of forests in Ilam province using Terra satellite images during the period 2000-2018

جدول ۱- مساحت و درصد خشکیدگی طبقات جنگلی استخراج شده

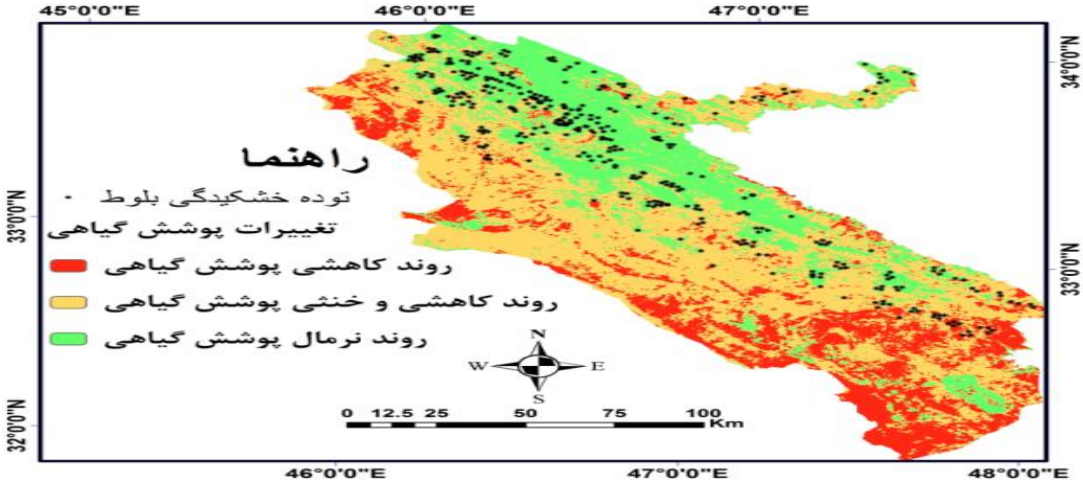
Table 1: Area and percentage of dry forest layers extracted

کلاس جنگل	مساحت به هکتار	مساحت خشکیدگی (هکتار)	درصد خشکیدگی
جنگل متراکم	۷۵۶۹۷	۳۵۳۷	۴/۷
جنگل نیمه متراکم	۷۸۲۴۱	۲۲۶۱	۲/۹
جنگل کم تراکم	۱۶۳۸۷	۷۲۸	۴/۴

بررسی نتایج شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تصاویر مودیس در تغیرات پوشش گیاهی استان ایلام

مراحل مختلف شرح داده شده در روش تحقیق برای تجزیه و تحلیل سری شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تصاویر مودیس اجرا شد و سرانجام، مناطق تغییری به سه دسته روند صفر یا بدون تغییر، روند مثبت و روند منفی گروه بندی و بر روی منطقه مورد مطالعه اعمال شد (۱۵). نقشه‌های پوشش گیاهی حاصل از پردازش تصاویر سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۱۸ برای ۱۹ سال در منطقه مورد مطالعه تهیه شدند. در این تصاویر به روشنی پویایی پوشش گیاهی در سال‌های مختلف قابل مشاهده است. با توجه به این تصاویر به طور کلی کاهش سبزینگی در طول بازه‌ی زمانی، در سراسر محدودهٔ مورد مطالعه از سمت غرب به سمت شرق در حال پیشروی است. همان گونه که از تصاویر برداشت می‌شود در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ کاهش سبزینگی در غرب و به خصوص در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه شدیدتر بوده است و سبزینگی به کمترین میزان خود رسیده است. در این مرحله نقشه‌های خروجی تصاویر مودیس و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸که از۱- تا ۱+ با توجه به شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تغییرات پوشش گیاهی تهیه شده‌اند در چهار طبقه مناطق بدون پوشش گیاهی، مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، مناطق با پوشش گیاهی تنک و مناطق با پوشش گیاهی نرمال کلاس‌بندی شده‌اند که با تحقیق تحلیل آماری فضایی خشک‌سالی در ایران همسو می‌باشد (۱۲). توده‌های خشکیدگی بلوط که با استفاده از عملیات زمینی با استفاده از سیستم موقیت یاب جهانی (GPS) برداشت شده بود با نقشه‌های خروجی MODIS-NDVI تلفیق شده که در این بخش نقشه‌های تلفیقی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ کاملا خشکیدگی بلوط و زوال بلوط در این سال‌ها با هم مقایسه شده و این روند یک روند خشکیدگی افزایشی را در توده‌های خشکیده بلوط نشان می‌دهد که در شکل ۸ نشان داده شده است.

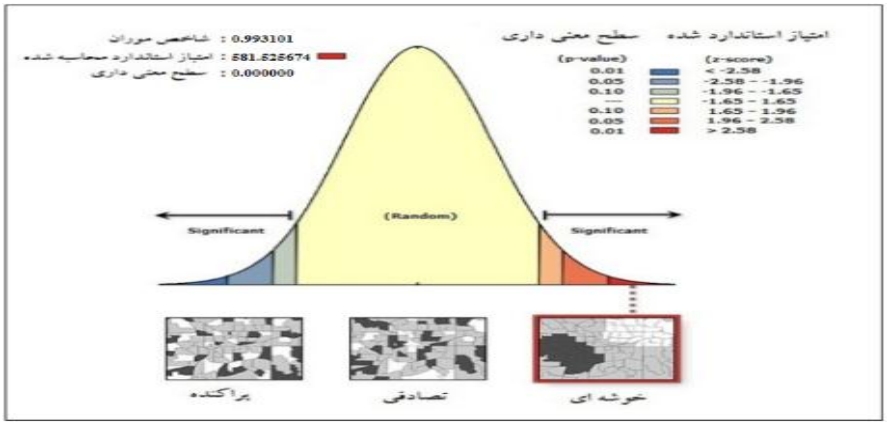
[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]



شکل ۸- تلفیق توده‌های خشکیدگی بلوط و تصاویر MODIS با شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) ازسال۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸
Figure 8. Combination of oak drying masses and MODIS images with normalized index of vegetation difference (NDVI) from 2000 to 2018

نحوه اجرای تحلیل شاخص موران در سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGis)

برای اجرای این ابزار ابتدا از جعبه‌ابزارهای تحلیل‌های آماری فضایی (SST) انتخاب و سپس تحلیل الگوها بسط داده و آنگاه خود همبستگی فضایی را انتخاب می‌کنیم. در این ابزار هدفمان آن است که ببینیم آیا تعداد خشکیدگی‌های جنگلی بلوط در پهنه‌بندی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) از خود همبستگی فضایی برخوردار است، توزیع خشکیدگی در پهنه‌ها چگونه است و آیا رابطه معنی‌داری از لحاظ آماره موران حاکم است. در قسمت ورود لایه کلاس‌بندی شده (Input Feature class) لایه‌های تهیه شده سری زمانی ۱۰ساله تلفیقی توده‌های خشکیدگی بلوط و پهنه‌بندی خشک‌سالی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ و سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ را جهت تحلیل خودهمبستگی فضایی انتخاب شد و با استفاده از شاخص (Moran I) نتایج تحلیل شد، توضیح اینکه تحلیل خود همبستگی فضایی دو نوع خروجی به‌صورت گرافیکی و عددی ارایه می‌نماید. خروجی گرافیکی نشان می‌دهد که آیا داده‌ها پراکنده و یا خوشه‌بندی شده هستند. به‌طور نمونه خروجی گرافیکی سری زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ در شکل ۶ و نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۹- تحلیل موران از نقاط خشکیدگی بلوط۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸
Figure 9. Moran's analysis of oak drying points 2010 to 2018

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

جدول ۲- نتایج تحلیل خود همبستگی فضایی

Table 2. Results of Spatial Correlation Analysis

Global Moran's I Summary 2000-2009	
Moran's Index	۰/۹۸۶۳۴۴
Expected Index	-۰/۰۰۰۰۷۹
Variance	۰/۰۰۰۰۰۳
z-score	۵۳۲/۴۱۸۳۰۴
p-value	۰/۰۰۰۰۰۱
Global Moran's I Summary 2010-2018	
Moran's Index	۰/۹۹۳۱۰۱
Expected Index	-۰/۰۰۰۰۹۸
Variance	۰/۰۰۰۰۰۲
z-score	۵۸۱/۵۲۵۶۷۴
p-value	۰/۰۰۰۰۰۰

به طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد مثبت یک (۱+) باشد داده‌ها دارای خود همبستگی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک (۱-) باشد آنگاه داده‌ها از هم گسسته و پراکنده می‌باشند (۱). البته این مقدار از نظر معناداری آماری سنجیده می‌شود. در مورد این ابزار فرضیه صفر آن است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر خصیصه مرتبط با عوارض جغرافیایی مورد نظر وجود ندارد که با تحقیق تحلیل فضایی رطوبت در ایران همسو است (۹). حال زمانیکه مقدار P-Value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان قرار می‌گیرد) آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد اگر مقدار شاخص موران بزرگتر از صفر باشد، داده‌ها نوعی خوشه‌بندی فضایی را نشان می‌دهند. اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض مورد مطالعه دارای الگوی پراکنده می‌باشند که این نتایج با نتایج تحقیق بررسی تغییرات الگوهای خود همبستگی فضایی درون دهه‌ای بارش ایران طی نیم قرن اخیر همسو است (۵). در این تحلیل چنانچه ملاحظه می‌شود شاخص موران برای سری‌های زمانی منتخب عدد۰/۹۸۶۳۴۴ و ۰/۹۹۳۱۰۱ است و از آنجاکه مقدار آن ثابت و نزدیک به یک است می‌توان نتیجه گرفت که داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی هستند که با نتایج تحلیل فضایی خشک‌سالی اقلیمی شمال غرب ایران با استفاده از آماره خودهمبستگی فضایی (۱۸) همسو است. اگر قرار بود این داده‌ها به‌طور نرمال در فضا پخش شده باشند شاخص باید مقدار منفی را اختیار می‌نمود همچنین با استناد به بالابودن امتیاز استاندارد Z و بسیار کوچک بودن مقدار P-Value می‌توان فرضیه عدم وجود خود همبستگی فضایی بین داده‌ها را رد نمود (۱). تحلیل‌های رگرسیون خطی و بسیاری از تکنیک‌های آماری دیگر نیازمند آن هستند که مشاهدات مستقل از هم باشند با کمک ابزار خود همبستگی فضایی می‌توان دریافت که آیا داده‌ها از نظر فضایی مستقل از یکدیگر می‌باشند و یا خیر. در صورتی که نتایج این تحلیل نشان‌دهنده وجود خود همبستگی فضایی بین داده‌ها باشد، در آن صورت نمی‌توان از روش‌های معمول مانند رگرسیون خطی برای بررسی روابط بین متغیرها استفاده نمود. در این تحقیق نتایج به‌طور خلاصه به شرحی آورده شده است:

- ارتباط و تاثیر خشک‌سالی بر خشکیدگی با استفاده از شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و مدل تحلیل فضایی موران از رابطه معنی‌داری ۱- تا ۱+ از لحاظ آماری در سطح معنی‌داری قابل قبول آماری، نوآوری است که رابطه دو متغیر وابسته و مستقل را با دقت پیکسلی و نقطه‌ای تحلیل فضایی نمود که این روش نوآوری جدید علمی، آماری و کمی است.
- تهیه نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی و پراکنش خشکیدگی جنگلی بلوط و الگوهای پراکنش معرفی شده می‌توانند مکان‌های مختلف استان ایلام که در وضعیت بحران خشکیدگی بلوط می‌باشند را به منابع طبیعی معرفی نماید.
- روند خشک‌سالی و خشکیدگی جنگلی بلوط در محدوده مورد تحقیق در دو سری زمانی نشان داده شده و توسعه روند خشکیدگی بلوط در جنگل‌های زاگرس در مناطق مختلف استان ایلام پیش‌بینی شده است.
- ساماندهی مدیریت و اعمال محدودیت‌های زمانی و مکانی بر هر گونه بهره‌برداری از عرصه‌های مشخص شده، مؤثرترین و مهمترین راه برای کاهش فشار بر جنگل و تقویت بنیه اکولوژیک آن خواهد بود. استفاده از روش‌های ذخیره نزولات مثل چاله‌ها می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب در جهت حفظ این جنگل‌ها به‌کار گرفته شود به‌طور کلی اجرای طرح‌های آبخیزداری و عملیات بیومکانیکی راه‌کار مناسبی در جهت حفظ جنگل‌ها است.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

منابع

1. Alijani, B., M. Doostkamian, S. Ashrafi and F. Shakeri. 2015. Study of Changes in Spatial Solidarity Patterns within the Decades of Iranian Rainfall during the Last Half Century. Geography and Urban Planning**,** 14: 71-87 (In Persian).
2. Asgari, A. 2011. Spatial Statistics Analysis with ARCGIS. Publication Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization, 127 pp (In Persian).
3. Assal, T.J., P.J. Anderson and J. Sibold. 2016. Spatial and temporal trends of drought effects in a heterogeneous semi-arid forest ecosystem. Forest Ecology and Management, (365): 137-151.
4. Azami, A., R. Soleimani and R. Darahi. 2019. The effect of soil moisture on oak drying using Modis satellite images in Ilam province. Final Report of the Research Project, Research Institute of Soil Protection and Watershed Management, 76 pp (In Persian).
5. Baaghideh, M., B. Alijani and P. Ziaian. 2011. Investigating the Possibility of Use of NDVI Index in Drought Analysis in Isfahan Province, Geographical Studies of Aridlands, (4): 1-16 (In Persian).
6. Bajgain, R., X. Xiao, P. Wagle, J. Basara and Y. Zhou. 2015. Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108: 151-160.
7. Birtwistle, A.N., M. Laituri, B. Bledsoe and J.M. Friedman. 2016. Using NDVI to measure precipitation in semi-arid landscapes. Journal of Arid Environments, 131: 15-24.
8. Ceccato, P., S. Flasse, S. Tarantola, S. Jacquemoud and J.M. Gregoire. 2001. Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain. Remote Sensing of Environment, 77: 22–33.
9. Ricardo, E., F. Branco, A. Rosa, J. dos Santos, E.M. Pezzopane, A.B. dos Santos and M. Marks Melo. 2019. Space-time analysis of vegetation trends and drought occurrence in domain area of tropical forest. Journal of Environmental Management, 246: 384-396.
10. Fallah, G.A., M. Asadi and R.A. Dadashi. 2015. Spatial Analysis of Humidity Distribution in Iran, Natural Geography Research, Volume 47, Number, 4: 637-650 (In Persian).
11. Farajzadeh, M. and K. Ahmadian. 2014. Spatial and temporal analysis of drought using SPI index in Iran, Journal of Environmental Hazards, Third Year, 4: 76-93 (In Persian).
12. Fu, W.J., P.K. Jiang, G.M. Zhou and K.L. Zhao. 2014. Using Moran's, I and GIS to study the spatial attern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China. Biogeo Sciences, (11): 2401-2409.
13. Hejazizadeh, Z. and S. Joizadeh. 2019. Analysis of Spatial Statistics of Drought in Iran. Applied Research in Geographical Sciences (GIS), 19(53): 251–277 (In Persian).
14. Leizhen, L., X. Yang, H. Zhou, S. Liu and W. Jianjun. 2018. Evaluating the utility of solar-induced chlorophyll fluorescence for drought monitoring by comparison with NDVI derived from wheat canopy. Science of The Total Environment, Volume, (625): 1208-1217.
15. Lkhagvadorj, N., J. Zhang, B. Tuvdendorj, M. Nabil and Y. Bai. 2019. NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016. Journal of Arid Environments, 164: 69-77.
16. Jacquin, A., D. Sheeren and J.P. Lacombe. 2010. Vegetation cover degradation assessment in Madagascar savanna based on trend analysis of MODIS NDVI time series. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 12: S3-S10.
17. Nesajizavareh, M., R. Khanjanzadeh and I. Ghasemi. 2016. Combining Climate Data and Remote Sensing to Observe the Drought Oak Case of the Ilam Case Study. Iranian Journal of Geographical Research, International Journal, 14(51): 387-398 (In Persian).
18. Nikolaos, G., K. SilleosThomas, I. Alexandridis and K. Perakis. 2006.Vegetation Indices: Advances Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years. Geocarto International, 21(4): 21-28.
19. Mirmoosavi, H. and H. Karimi. 2013. Study of the effect of drought on vegetation using MODIS images, Case study Kordestan province. Geography and development, 31: 57-76 (In Persian).
20. Salahi, B. and F. Mojtaba. 2018. Spatial Analysis of Climate Drought in Northwestern Iran Using Spatial Solidarity Statistics Journal of Spatial Analysis of Environmental Risks. Third Year, 3: 1-20 (In Persian).
21. Rostamnia, M. and M. Akhundzadeh Hanzaei. 2016. Investigating the Dangerous Drought of Forest Trees in Ilam Province Using Landsat Satellite Images. Journal of Mapping Science and Technology, 6(2): 131-144 (In Persian).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]

[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]

Temporal-Spatial Analysis of drought and Oak Trees Dieback of Zagros Forests in Ilam Province

Shamsollah Asgari[1], Tayeb Raziei[2], Ahmad Hosini[3] and Ali najafifar[4]

1- Assistant Professor, Natural Resources and Watershed Management Research Department, Ilam agricultural and natural resources Research and Education, AREEO, Tehran, Iran (Corresponding author: Shamsasgari@yahoo.com)
2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Associate Professor, Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural ResourcesResearch Center (AREEO), Tehran, Iran
4- Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Ilam Agricultural and Natural ResourcesResearch Center (AREEO), Tehran, Iran
Received: October 22, 2019 Accepted: December 3, 2020

Abstract

One of the most important issues in the Zagros forests of Ilam is the dieback of oak trees, and the purpose of this research is to analyze the temporal-spatial analysis of the relationship between oak trees dieback and occurred droughts. In order to identify the dry areas of oak, using the method of determinationof. the training samples in geographic information system (GIS) and satellite images of modis were used. For temporal and spatial analysis of drought in Ilam province, NDVI index from MODIS satellite images in the statistical period of 2000 to 2018 was used. For spatially analysis of relationship between oak forest dieback and droughts, Moran spatial autocorrelation model, one of the spatial pattern distribution models, was selected. Coincidentally, a 30-square-meter GPS device was used to find the coordinates of the dried droplets and the number of dried oak trees at each point, and a map of oak tree dieback distribution was prepared using GIS software. The results of combining drought zoning from NDVI index with oak dieback distribution map in two time series from 2000 to 2009 and 2010 to 2018 in the analysis of Moran index showed that oak dieback has a cluster pattern and the decline of oak trees is spreading in a mass. Also there was a significant relationship between drought trend in spatial and temporal dimensions and oak dieback in recent years in different parts of Ilam.

Keywords: Drought, Ilam Province, Moran, NDVI, Oak Forest dieback

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-02-09]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1400.9.17.10.4]
[DOI: 10.52547/ifej.9.17.86]