

## واکاوی زوال جنگل‌های استان ایلام و ارتباط آن با تغییرات بارش

قاسم عزیزی<sup>۱\*</sup>، مرتضی میری<sup>۲</sup>، حسین محمدی<sup>۳</sup> و مهدی پورهاشمی<sup>۴</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. پست الکترونیک: ghazizi@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- استاد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۳/۱۱

### چکیده

امروزه به دلیل بروز پدیده زوال بلوط، گستره قابل توجهی از جنگل‌های زاگرس دچار خشکیدگی شده است. هدف اصلی پژوهش پیش‌رو تعیین گستره پوشش‌های جنگلی استان ایلام و بررسی روند تغییرات زمانی آنها طی دوره ۱۴ ساله (۲۰۰۰ الی ۲۰۱۳) در ارتباط با تغییرات بارش می‌باشد. برای این منظور از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. داده‌های مورد استفاده دربرگیرنده تصاویر NDVI سنجنده مادیس با فواصل ۱۶ روزه، تصاویر موجود در آرشو Google earth و نقاط کنترل زمینی، داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های همدید، داده‌های درازمدت GPCC و داده‌های بارش ماهواره TRMM بودند. تعیین تعداد طبقات مطلوب برای شناسایی پوشش‌های منطقه و در نهایت جنگل‌ها با استفاده از روش نظارت‌نشده و تکنیک ISODATA و شاخص‌های تفکیک و آگرایی کمترین و میانگین انجام شد. نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی نشان داد که تعداد طبقه ۳۵ برای بررسی سالانه و طبقه ۳۰ برای بررسی درازمدت، منطقی‌ترین تعداد طبقه مطلوب برای پوشش‌های این استان هستند. نمودار طیفی نیز بیانگر دوره رشد جنگل‌های استان ایلام از اواخر بهمن تا اوایل مرداد بود که اوج سبزیگی آنها نیز در اواسط اردیبهشت بود. نمودار روند تغییرات NDVI مناطق جنگلی طی دوره ۱۴ ساله بیانگر اولین کاهش قابل توجه سبزیگی در سال ۲۰۰۵ (۱۳۸۳) و به میزان بیشتری در سال ۲۰۰۸ به همراه روند نزولی آن برای سه سال انتهایی دوره بود. نتایج به دست آمده از بررسی داده‌های بارش ایستگاهی و شبکه‌ای نشان‌دهنده روند منفی بارش در مقیاس‌های زمانی سالانه و ماهانه بر پوشش‌های مختلف استان ایلام و جنگل‌های منطقه بود. در مناطق جنگلی استان، روند منفی بارش در سطوح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد معنی‌دار بود. طی فصل رشد جنگل‌ها، بیشترین روند منفی بارش در اسفند (هم‌زمان با اوایل دوره رشد جنگل) مشاهده شد. بررسی ارتباط بین میزان NDVI و روند بارش نشان داد که یکی از عوامل اصلی خشکیدگی و کاهش سبزیگی در جنگل‌های این منطقه، کاهش معنی‌دار بارش و ایجاد تنش خشکی در مقیاس سالانه و به‌ویژه فصل رشد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تفکیک‌پذیری، زوال بلوط، GPCC، ماهواره TRAA، ماهواره TRMM.

## مقدمه

مناطق جنگلی به عنوان بخشی از زیست‌کره نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست ایفا می‌کنند. این منابع با ارزش از نظر نفوذ آب، حفظ حیات وحش، کاهش آلودگی، تأمین بخشی از نیازهای انسان، تولید اکسیژن، بودجه کربن جهانی و تعادل شرایط محیط زیست از اهمیت زیادی برخوردارند (Zhao *et al.*, 2013). تغییر در این بوم‌سازگان به وسیله طیف وسیعی از فرآیندهای طبیعی (تغییرات فصلی رشد درختان، رقابت‌های بین درختی برای دریافت نور و آب، اختلال‌های ناشی از حشرات، رخدادهایی چون بادهای شدید و توفان‌ها) و دخالت‌های انسانی ایجاد می‌شود (Pietrzyk & Lindenberg, 2014). در این بین، تغییرات اقلیمی در بسیاری از مناطق جهان، محیط طبیعی و به‌ویژه مناطق جنگلی را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده است، زیرا اقلیم یک عامل کلیدی در شکل‌گیری محیط‌های جنگلی است و ترکیب گونه‌ها، شکل، بازدهی، در دسترس بودن، رژیم‌های مختل‌کننده و چشم‌انداز پوشش‌های جنگلی، همگی توسط شرایط اقلیمی تنظیم شده‌اند (Ryan *et al.*, 2012). بنابراین تغییرات اقلیمی به احتمال زیاد بوم‌سازگان جنگلی را با تغییر در وسعت پوشش گیاهی، مهاجرت گونه‌ها، ترکیب گونه‌های درختی، فیزیولوژی، رشد، مرگ‌ومیر و رویش درختان، ارتباط متقابل بین درختان و عامل‌های بیماری‌زا و در نهایت رژیم‌های اختلالی (باد، آتش‌سوزی، حمله حشرات و غیره) به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Weber *et al.*, 2008; Bravo *et al.*, 2008; Bugmann *et al.*, 2014).

آگاهی از تغییرات رخ داده و علل آن به همراه داده‌های پوشش مناطق جنگلی برای مدیریت و توسعه پایدار جنگل‌ها لازم است. برای پاسخگویی به نیازهای اطلاعاتی در مدیریت جنگل با توجه به هدف و وسعت منطقه مورد مطالعه از منابع متفاوتی چون بررسی‌های میدانی، عکسبرداری هوایی و تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌شود (Hussin & Bijker, 2000). استفاده از مطالعات میدانی به‌منظور بررسی تغییرات رخ داده در مناطق جنگلی مستلزم

صرف هزینه‌های زیاد زمانی و مالی است. این فرآیند به‌صورت ساده‌تر و با دقت و وضوح مناسب و هزینه کمتر با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و داده‌های مدل‌سازی شده امکان‌پذیر است (Sakthivel *et al.*, 2010). طی دهه‌های پیش پیشرفت‌های علمی در زمینه تولید داده‌های اقلیمی درازمدت با دقت مناسب و همچنین توسعه سنجش از دور منجر به ایجاد تکنیک‌ها و قابلیت‌هایی شد که از آنها در زمینه‌های مختلف برای بررسی پوشش‌های جنگلی استفاده می‌کنند. پژوهش‌های زیادی براساس داده‌ها و روش‌های سنجش از دور در زمینه تعیین مناطق جنگلی، طبقه‌بندی و بررسی تغییرات آنها در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف در سطح جهان انجام شده است (Mas *et al.*, 2004; Dewan & Yamaguchi, 2009; Krahwinkel & Rossmann 2010; Shataee Jouybari, 2010; Zangiabadi *et al.*, 2011; Parma & Zebardast *et al.*, 2014; Mapfumo *et al.*, 2011). در برخی از پژوهش‌ها نیز واکنش مناطق جنگلی به عناصر و پدیده‌های اقلیمی مورد توجه قرار گرفته است (Hanson & Weltzin, 2000; Arend *et al.*, 2012; Hamzhepour *et al.*, 2012).

جنگل‌های زاگرس از نظر وسعت، تنوع گونه، کاربرد در زندگی مردم، تأمین اقتصاد بعضی خانوارها و غیره از اهمیت به‌سزایی برخوردارند (Papoli Yazdi & Fathnia, 2007). به استناد منابع موجود و مشاهدات میدانی، طی سال‌های اخیر گستره قابل توجهی از این جنگل‌ها دچار خشکیدگی شده و یا در حال خشک شدن هستند. Jafari و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر لندست، سطح توده‌های دچار خشکیدگی جنگل‌های استان ایلام را حدود ۱۲۴۸۴۷ هکتار برآورد کردند. دلایل متعددی از جمله تغییر شرایط اقلیمی و تغییرپذیری عناصر اقلیم، بهره‌برداری‌های نادرست از درختان طی سالیان متمادی، زراعت زیراشکوب و چرای بی‌رویه دام به‌عنوان عامل‌های اصلی این خشکیدگی مطرح شده‌اند. Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) رقابت درختی در شرایط خشکسالی به‌وجود آمده را یکی دیگر از عامل‌های مستعد مرگ‌ومیر درختان

کیکم، زالزالک، بنه، ارژن، داغداغان، دافنه و پلاخور نیز از گونه‌های همراه درختان بلوط هستند. نواحی جنگلی بیشتر در قسمت‌های میانی و شمالی استان ایلام در کوه‌های زاگرس پراکنش دارند. جوامع درختچه‌ای یا بوته‌ای به همراه گیاهان علفی بیشتر نواحی غرب و جنوب استان را پوشش می‌دهند که در برخی نقاط تراکم قابل توجهی دارند (Hosseinzadeh *et al.*, 2014).

داده‌های مورد استفاده

#### داده‌های NDVI

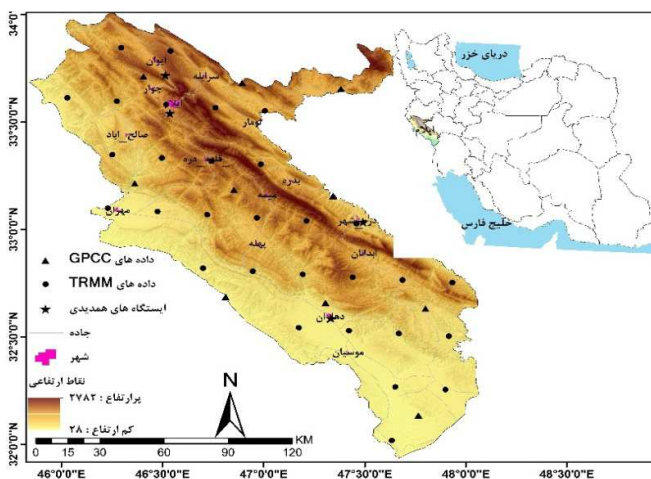
در ابتدا برای آشکارسازی طبقه‌های جنگلی، تصاویر NDVI سنجنده مادیس، ماهواره TRAA نسخه پنج در سطح پردازشی سه، با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر برای منطقه مورد مطالعه طی یک دوره ۱۴ ساله از ابتدای ژانویه ۲۰۰۰ تا انتهای دسامبر ۲۰۱۳ (هر سال ۲۳ تصویر و در کل دوره ۳۱۹ تصویر) در مقیاس روزانه (۱۶ روز یکبار) از تارنمای USGS دریافت شد. برای تعیین تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی و ارزیابی تعداد طبقات موجود در منطقه مورد مطالعه از طبقه‌بندی نظارت‌نشده و الگوریتم Iterative Self-Organizing Data (ISODATA) Analysis Technique Algorithm استفاده شد. این الگوریتم یک روش خودکار است که می‌تواند داده‌های ورودی مختلف را طبقه‌بندی کند. در این روش فقط تعداد خوشه‌ها و بیشترین تعداد تکرار مورد نیاز است (Tou & Gonzalez, 1974). برای تعیین دقیق طبقه‌ها در پژوهش پیش‌رو، فاصله طبقه‌ها تا طبقه ۵۰ به صورت پنج طبقه و از طبقه ۵۰ تا ۱۰۰ به صورت ۱۰ طبقه انجام شد. انتخاب بهترین طبقه بر مبنای بیشترین مقدار شاخص‌های میانگین و کمترین تفکیک‌پذیری انجام شد. بر اساس مقادیر به دست آمده از دو شاخص نامبرده، شماره طبقه‌ای که ارزش میانگین تفکیک‌پذیری در اوج و هم‌زمان ارزش کمترین تفکیک‌پذیری برای آن طبقه دارای یک پیک متوسط نسبت به سایر طبقات باشد، نشان‌دهنده تعداد طبقات مطلوب برای

جنگل‌های ایلام معرفی کرده‌اند. با توجه به نقش مهم این جنگل‌ها در محیط زیست طبیعی و انسانی، تعیین گستره مناطق جنگلی و بررسی علل و روند تغییرات آنها تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی از اهمیت زیادی برخوردار است. از سوی دیگر، بررسی تغییرات منابع جنگلی می‌تواند اطلاعات باارزشی را برای مدیریت و برنامه‌ریزی این منابع فراهم آورد. از این‌رو، پژوهش پیش‌رو سعی دارد با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، مناطق جنگلی استان ایلام و روند تغییرات آنها را در ارتباط با تغییرات بارش بررسی کند.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات منطقه مورد مطالعه

استان ایلام با مساحتی در حدود ۱۹۷۲۸ کیلومتر مربع و مختصات جغرافیایی ۳۲ تا ۳۴ درجه عرض شمالی و ۴۵ تا ۴۸ درجه طول شرقی، در غرب ایران قرار دارد. منطقه مورد مطالعه، گستره جنگل‌های استان ایلام با پوشش غالب بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) به دو فرم رویشی دانه‌زاد و شاخه‌زاد است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های منطقه) با هدف تأثیرگذاری تغییرات بارش بر NDVI مناطق جنگلی استان ایلام بررسی شد. در نهایت با همپوشانی نقشه تغییرات بارش در نقاط مختلف استان ایلام با نقشه پوشش گیاهی منطقه، ارتباط بین تغییرات بارش با پوشش‌های منطقه و به‌ویژه مناطق جنگلی بررسی شد.

### نتایج

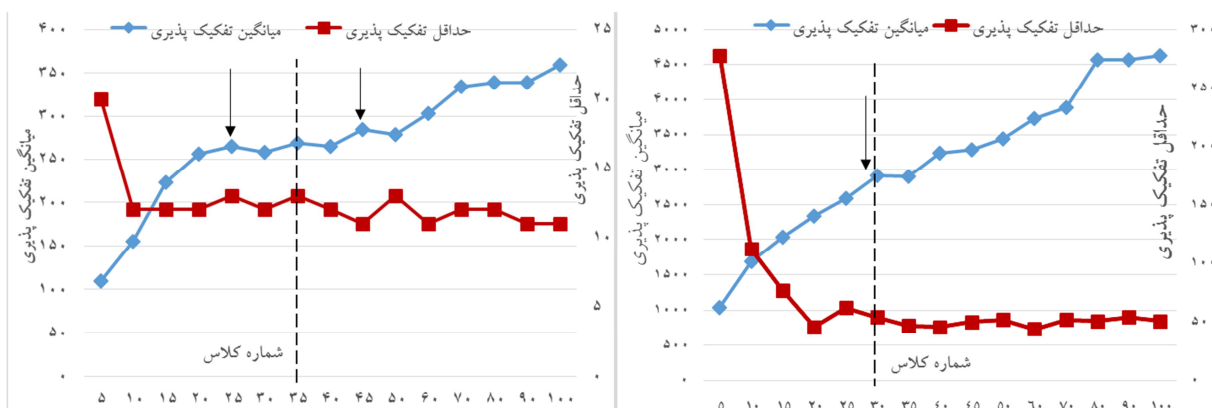
تعیین تعداد طبقات مطلوب و نوع پوشش هر طبقه شکل ۲ (نمودار سمت چپ) مقادیر شاخص‌های کمترین و میانگین واگرایی به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی ۱۰۰ طبقه پوشش‌های استان ایلام را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، پیک میانگین واگرایی در طبقه‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ و برای حداقل واگرایی در طبقه‌های ۲۵، ۳۵ و ۵۰ بود. از بین ۱۰۰ طبقه، برای سال ۲۰۱۳ طبقه ۳۵ منطقی‌ترین انتخاب برای تشخیص الگوی صحیح پوشش‌های سطحی استان ایلام بود، چون انطباق مناسبی بین ارزش کمترین و میانگین واگرایی طبقه‌ها وجود داشت. هرچند طبقه ۴۵ یا طبقه‌های دیگر پیک میانگین واگرایی بیشتری نسبت به طبقه ۳۵ داشتند، اما هم‌زمان ارزش کمترین واگرایی برای این طبقه‌ها نسبت به ارزش میانگین واگرایی روند نزولی داشت و نمی‌توانستند به‌عنوان طبقه مطلوب انتخاب شوند.

در شکل ۲ (نمودار سمت راست)، ارزش شاخص‌های تفکیک‌پذیری میانگین و کمترین برای هر طبقه طی دوره ۱۴ساله نشان داده شده است. تعیین تعداد طبقه مطلوب برای کل دوره با توجه به عدم هماهنگی در اوج مقادیر میانگین و کمترین تفکیک‌پذیری مشکل بود، چون در بیشتر طبقه‌هایی که ارزش شاخص میانگین تفکیک‌پذیری به اوج می‌رسید، ارزش کمترین روند معکوس داشت. با این وجود در طبقه ۳۰ از یک‌سو ارزش میانگین تفکیک‌پذیری به اوج می‌رسد و از سوی دیگر ارزش کمترین تفکیک‌پذیری نسبت به طبقه بعدی در اوج متعادلی قرار دارد، از این‌رو، طبقه ۳۰ به‌عنوان تعداد طبقه مطلوب برای تعیین پوشش‌های منطقه انتخاب شد.

منطقه است (Nguyen, 2013). پس از تعیین تعداد طبقه مطلوب برای سال ۲۰۱۳ به‌عنوان وضعیت نهایی پوشش گیاهی استان، با استفاده از همین روش تعداد طبقه مناسب طی دوره ۱۴ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳) برای پوشش گیاهی منطقه مشخص شد. هدف از انجام این مرحله پژوهش، بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و در نهایت طبقات جنگلی استان ایلام طی دوره مورد مطالعه بود. برای این منظور تمامی تصاویر دریافتی (۳۱۹ تصویر) به یک لایه تجمعی تبدیل و تعداد طبقه مطلوب مشخص شد. در نهایت با استفاده از امضاهای طیفی مربوط به هر طبقه، روند تغییرات تراکم و تداوم زمانی سبزینگی مورد بررسی قرار گرفت و نوع پوشش‌ها انتخاب شد.

### داده‌های بارش

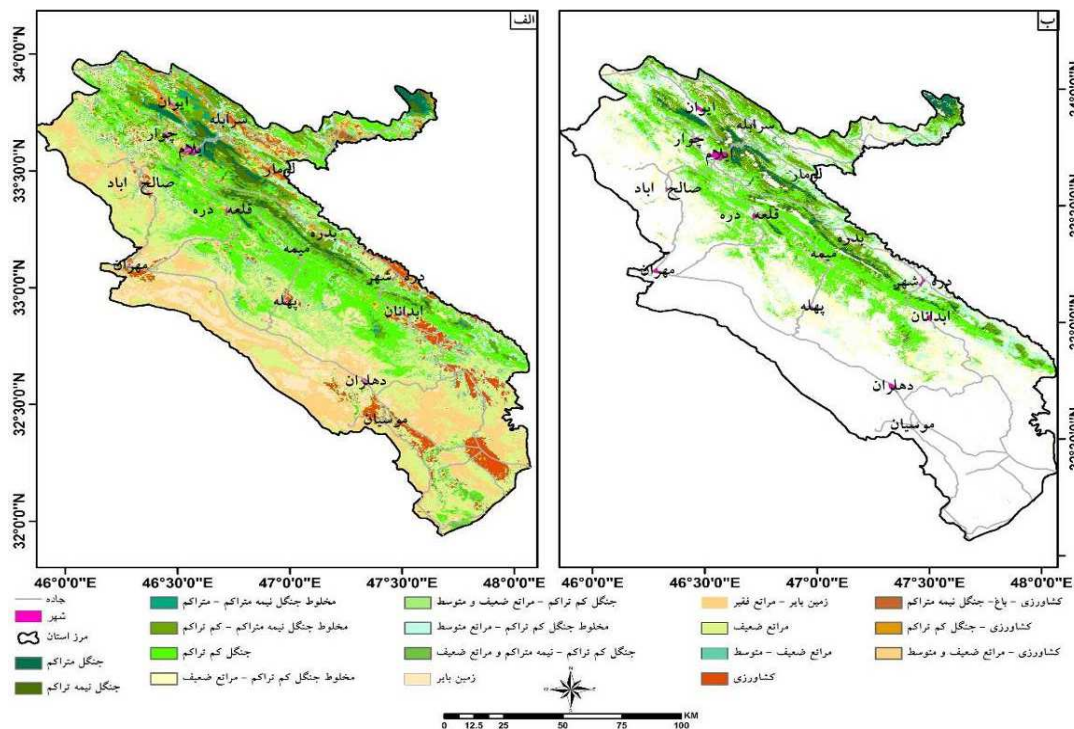
داده‌های اقلیمی مورد نیاز از سه پایگاه مختلف شامل داده‌های بارش ایستگاه‌های همدیدی ایلام، دهلران، ایوان غرب و دره‌شهر استان ایلام از آرشیو سازمان هواشناسی کشور از زمان تأسیس تا سال ۲۰۱۴، داده‌های بارش GPCP (Global Precipitation Climatology Centre) با دقت مکانی  $0.5 \times 0.5$  در دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ و داده‌های بارش ماهواره TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) با دقت مکانی  $0.25 \times 0.25$  طی دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ از تارنمای ناسا گردآوری شدند (شکل ۱). با توجه به محدود بودن طول دوره آماری مناسب برای بیشتر ایستگاه‌های همدید و فاصله زیاد بین ایستگاه‌های استان ایلام از یک‌سو و عدم وجود ایستگاهی با ضریب مطمئن در مناطق جنگلی و ارتفاعات بالا از سوی دیگر، از داده‌های شبکه‌ای GPCP و TRMM با دقت مکانی متفاوت استفاده شد. در همین راستا قبل از استفاده از این داده‌ها، براساس ایستگاه‌های همدید مینا، دقت آنها با استفاده از رگرسیون خطی طی یک دوره آماری مشترک مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه با حصول اطمینان از دقت کافی و مناسب داده‌های شبکه، روند تغییرات آنها با استفاده از آماره من‌کنندال برای دو مقیاس سالانه و ماهانه (فصل رویش



شکل ۲- برآورد تعداد طبقه مطلوب برای پوشش‌های گیاهی استان ایلام. نمودار سمت چپ برای هر سال (۲۰۱۳) و نمودار سمت راست طی دوره درازمدت (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳) با استفاده از شاخص‌های کمترین و میانگین تفکیک‌پذیری و تصاویر سنجنده مادیس (TRAA)

جنگل، جنگل‌های کم تراکم قابل توجه بودند. با توجه به تکرار برخی از طبقه‌ها، طبقه‌های مشابه با یکدیگر ادغام و نقشه پوشش گیاهی نهایی (شکل ۳- الف) تهیه شد. پس از تعیین طبقات مختلف پوشش گیاهی در استان ایلام، طبقه‌های مربوط به جنگل از سایر طبقه‌ها جدا شد (شکل ۳- ب).

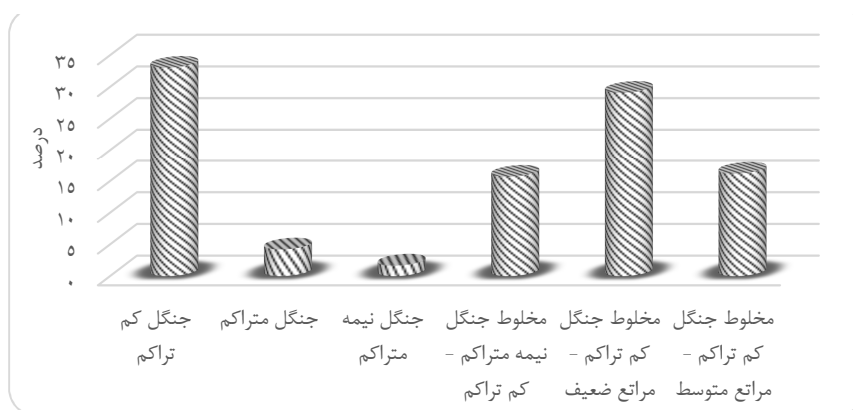
با تعیین تعداد طبقه مطلوب، نوع پوشش هر طبقه براساس امضاء طیفی، تصاویر پانکروماتیک لندست و تصاویر Google earth مشخص شد. براساس نوع طبقه‌های مشخص شده در منطقه مورد مطالعه، بیشترین پوشش‌ها در سال ۲۰۱۳ به مرتع و جنگل اختصاص داشت. در بین پوشش‌های مرتعی، گستره مراتع کم تراکم و در بین طبقه‌های



شکل ۳- الف) پوشش اراضی استان ایلام سال ۲۰۱۳؛ ب) پوشش جنگل‌های استان ایلام برای سال ۲۰۱۳ براساس تصاویر ماهواره‌ای مادیس ترا با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر

است. همچنین بررسی وضعیت طبقات مختلف جنگل‌های این استان برای سال ۲۰۱۳ نشان داد که جنگل‌های کم‌تراکم با ۳۳ درصد از کل مساحت پوشش‌های جنگلی بیشترین وسعت را دارا می‌باشند. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است، سهم جنگل‌های نیمه‌متراکم نسبت به متراکم کمتر است که می‌تواند به دلیل قرارگیری سهم قابل توجهی از جنگل‌های نیمه‌متراکم در طبقه‌های مخلوط نیمه‌متراکم و کم‌تراکم باشد.

همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است، در استان ایلام پراکنش جنگل‌ها دارای دو روند شمال غربی- جنوب شرقی و غربی- شرقی است. تراکم جنگل‌ها نیز از همین روند پیروی می‌کند، به طوری که در قسمت‌های غربی و جنوبی استان، جنگل‌های کم‌تراکم و همچنین مناطق فاقد پوشش جنگلی مشاهده می‌شود، در حالی که در قسمت‌های شرقی و شمالی منطقه مورد مطالعه، تراکم و وسعت جنگل‌ها قابل توجه

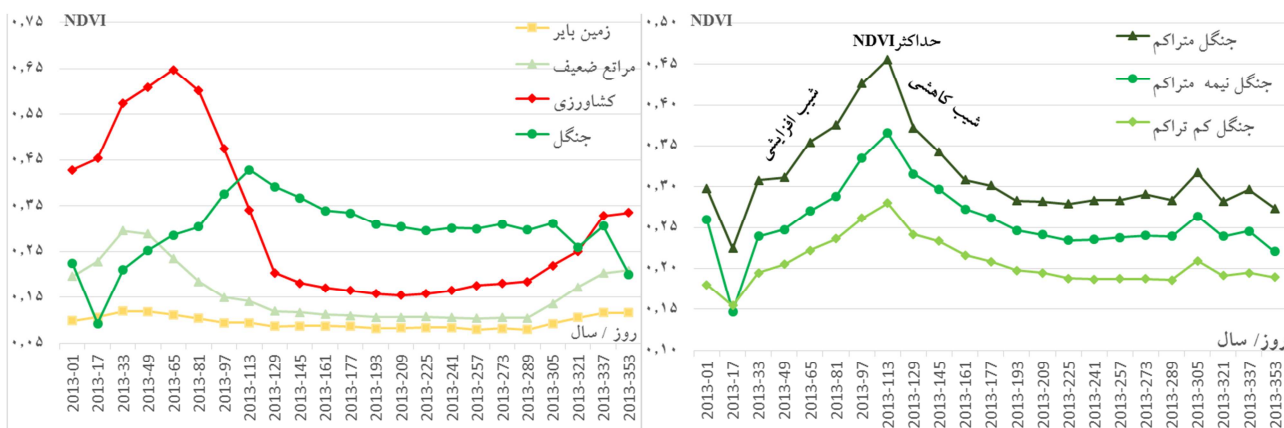


شکل ۴- مقایسه درصد مساحت طبقات مختلف جنگل در استان ایلام برای سال ۲۰۱۳

فتوستتزی گیاه است و مرحله سوم نیز همراه با نزول و پیری پوشش گیاهی است. براساس نمودار طیفی، دوره رشد جنگل‌های استان ایلام از اواخر بهمن تا اوایل مرداد ادامه دارد که اوج سبزیگی در نیمه اول اردیبهشت رخ می‌دهد (شکل ۵). با استفاده از ویژگی‌های دوره رشد می‌توان انواع پوشش گیاهی را مشخص کرد، چرا که در پوشش‌هایی مانند کشاورزی و یا مراتع ضعیف در مرحله پیری میزان NDVI به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند، در حالی که برای پوشش‌های جنگلی به دلیل دوره سبزیگی طولانی پس از اوج فعالیت فتوستتزی، کاهش NDVI با شیب ملایمی رخ می‌دهد.

#### بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی خشکیدگی

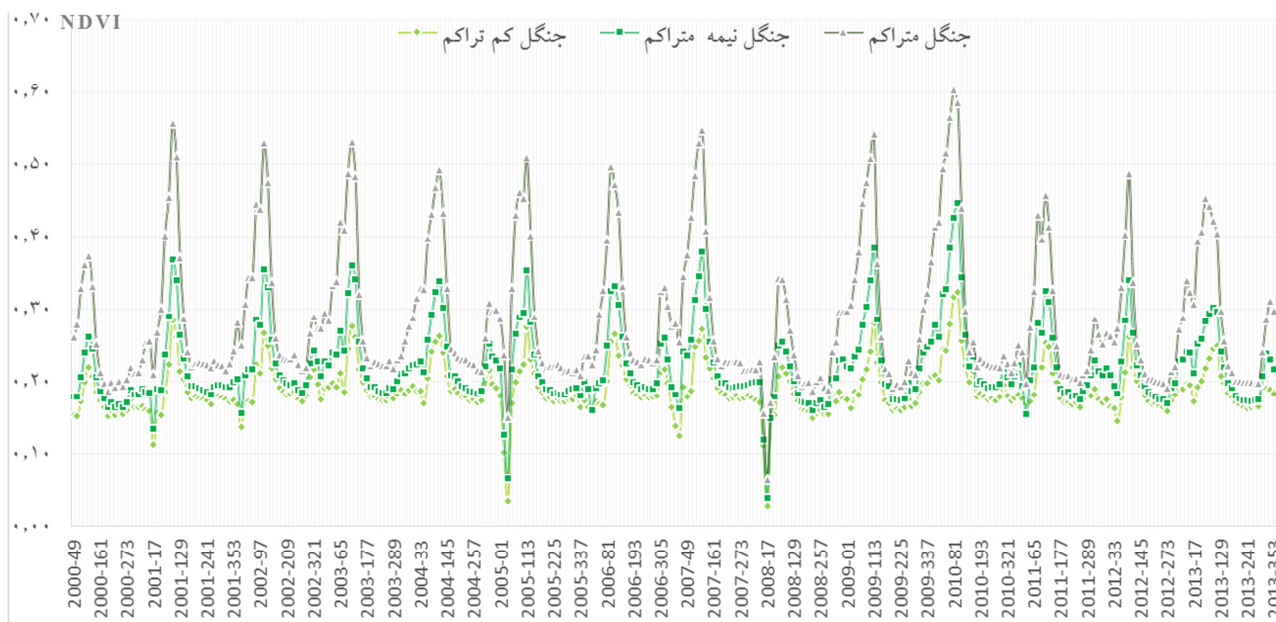
پس از مشخص کردن طبقه‌های جنگل، تغییرات NDVI در هر سال (۱۶ روز یکبار) با استفاده از نمودار طیفی، طی دوره مورد مطالعه بررسی شد. واکاوی این نمودار امکان توصیف چرخه رشد به‌ویژه در فصل بهار را فراهم می‌کند. در شکل ۵، سری زمانی NDVI طی سال ۲۰۱۳ برای طبقه‌های جنگلی و در حالت مقایسه‌ای با سایر طبقه‌ها نشان داده شده است. براساس شکل ۵، یک الگوی رایج با سه مرحله متفاوت برای هر یک از پوشش‌های گیاهی منطقه است. مرحله اول دارای یک شیب افزایشی است که نشان‌دهنده آغاز دوره رشد است. مرحله دوم اوج فعالیت



شکل ۵- نمودار طیفی پوشش‌های زمین بایر، مراتع ضعیف، کشاورزی و تراکم‌های مختلف جنگل در استان ایلام (۲۰۱۳)

اخیر (۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳) میزان سبزیگی طبقه‌های جنگلی روند کاهشی داشته است. همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است، علاوه بر اوج سبزیگی که به‌طور معمول در اردیبهشت رخ می‌دهد، پیک‌های ضعیف‌تری نیز در ماه‌های فصل پاییز قابل مشاهده است. دلیل رخداد این بیشترین‌ها، وجود پوشش‌های فصلی و یا تغییرات کاربری است که بر اثر دخالت‌های انسانی ایجاد شده‌اند.

در ادامه، به‌منظور شناسایی کاهش یا افزایش پوشش گیاهی، روند تغییرات زمانی NDVI طبقه‌های جنگل در مقیاس روزانه طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ ترسیم شد (شکل ۶). براساس نتایج به‌دست‌آمده از مقادیر امضاء طیفی هر طبقه مشخص شد که اوج کمترین و بیشترین میزان NDVI در منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ رخ داده است. همچنین مشخص شد که در چند سال



شکل ۶- روند تغییرات NDVI جنگل‌های متراکم (نمودار مشکی)، نیمه‌متراکم (نمودار سبز) و کم‌تراکم (نمودار سبز کم‌رنگ) استان ایلام براساس امضاء طیفی به‌دست‌آمده از تصاویر ۱۶ روزه ماهواره‌ای ترا طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳. در این نمودار محور افقی نشان‌دهنده زمان است که هر عدد بیانگر میزان NDVI یک دوره ۱۶ روزه است. محور عمودی نشان‌دهنده میزان سبزیگی است.



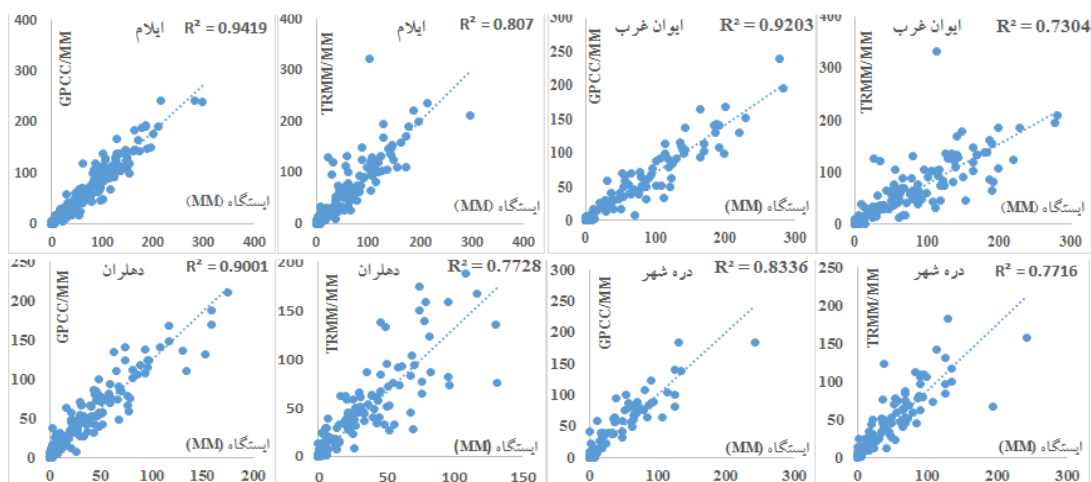
## تغییرات بارش

جدول ۱ و شکل ۷ ارتباط بین میزان بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی با داده‌های بارش شبکه برآورد شده را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر رابطه خطی مناسب بین داده‌های ایستگاهی و شبکه‌ای در مقیاس‌های زمانی سالانه و ماهانه در قسمت‌های مختلف منطقه مورد مطالعه است. در برخی از ایستگاه‌ها، داده‌های TRMM با وجود دارابودن دقت مکانی بیشتر از همبستگی کمتری نسبت به داده‌های GPCC با داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه‌های مبنا برخوردارند. بررسی داده‌های برآورد شده TRMM نشان داد که یکی از دلایل همبستگی کمتر، برآورد مقادیر زیاد بارش طی یک سال یا یک زمان مشخص (به عنوان مثال سال ۲۰۰۸ در ایستگاه ایلام) می‌باشد، زیرا طی

این سال کمترین مقدار بارش در منطقه مورد مطالعه رخ داده است، بنابراین می‌توان با اصلاح داده‌های پرت و کالیبره کردن آنها، مقادیر همبستگی بین داده‌های شبکه‌ای و ایستگاهی را به مراتب افزایش داد. به طوری که اگر داده بارش سال ۲۰۰۸ ماهواره TRMM و داده سال ۱۹۹۴ شبکه GPCC در ایستگاه ایلام که به طور تقریبی دوبرابر مقادیر ایستگاه برآورد شده است، در ارزیابی کلی به عنوان یک داده پرت در نظر گرفته شود و با استفاده از معادله خطی ایجاد شده اصلاح شود، ضریب تبیین ایستگاه ایلام به بیشتر از ۸۴ درصد (همبستگی ۹۱) افزایش می‌یابد. در حالت کلی، دقت داده‌های شبکه نام برده شده در مقیاس ماهانه نسبت به سالانه بیشتر و قابل توجه است (شکل ۷).

جدول ۱- نتایج ارزیابی داده‌های شبکه GPCC و TRMM با داده‌های ایستگاهی

جدول ضریب تبیین ( $R^2$ )		ایستگاه	جدول همبستگی (R)		ایستگاه
داده شبکه	ایستگاه		داده شبکه	ایستگاه	
TRMM	GPCC	ایلام	TRMM	GPCC	ایلام
۰/۶۷	۰/۶۱	ایوان غرب	۰/۸۲	۰/۷۸	ایوان غرب
۰/۵۰	۰/۷۲	دهلران	۰/۷	۰/۸۵	دهلران
۰/۵۶	۰/۸۴	دره شهر	۰/۷۵	۰/۹۲	دره شهر
۰/۷۷	۰/۷۸		۰/۸۷	۰/۸۸	

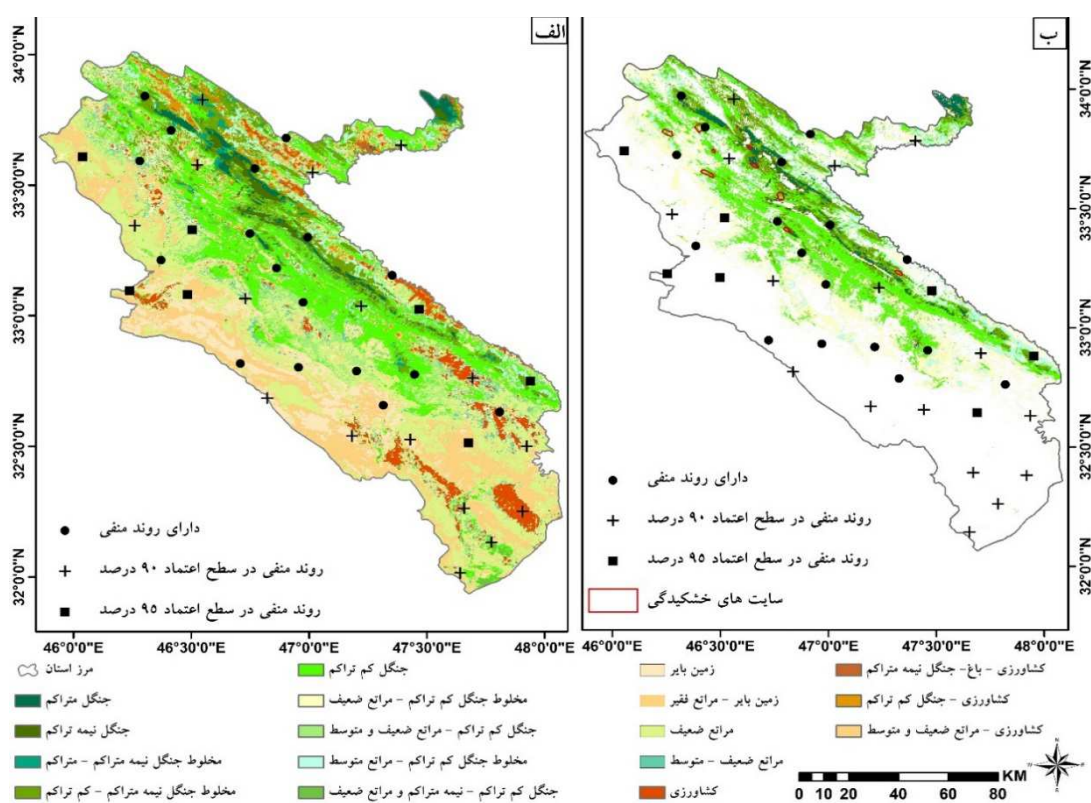


شکل ۷- نمودارهای پراکنش داده‌های بارندگی در مقیاس ماهانه ایستگاه‌های منتخب و نزدیکترین نقاط GPCC و TRMM



شامل زمین‌های بایر، مراتع و کشاورزی است، روند منفی بارش در مقیاس سالانه بیشتر از سایر نواحی است. بررسی روند تغییرات بارش سالانه در مناطق جنگلی استان نیز بیانگر روند منفی بارش است، به طوری که معنی‌داری روند منفی در این مناطق در سطوح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد بر روی پوشش‌های جنگلی با تراکم متفاوت قابل مشاهده است. از سوی دیگر، روند منفی بارش در سایت‌های دچار پدیده خشکیدگی یا در مناطق نزدیک به آنها نیز بخوبی در شکل ۸ نمایان است.

محاسبه روند تغییرات داده‌های بارش شبکه در مقیاس سالانه نشان داد که طی دوره مورد مطالعه روند بارش در این منطقه منفی بوده است و سیر نزولی داشته است و در مناطق مختلف استان از شدت و ضعف متفاوتی برخوردار بوده است. بررسی معنی‌داری روند نزولی بارش در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد نشان داد که تغییرات بارش تا سطح اطمینان ۹۵ درصد نیز قابل مشاهده است. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، در نواحی جنوبی و جنوب‌غرب استان ایلام که پوشش اراضی این نواحی بیشتر



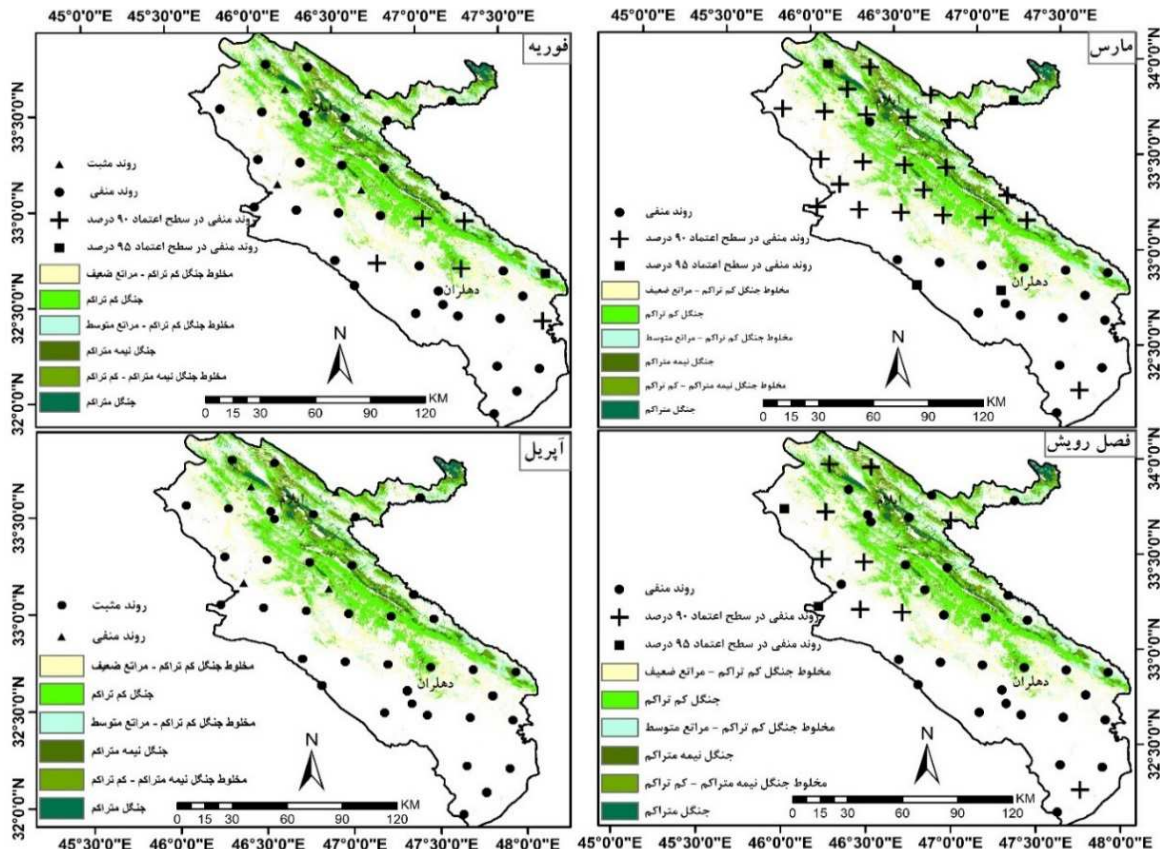
شکل ۸- روند تغییرات بارش براساس داده‌های شبکه GPCP و سنجنده TRMM در مناطق مختلف استان ایلام. الف) کاربری اراضی، ب) محدوده جنگل‌های استان ایلام

استان ایلام در دوره مورد مطالعه، روند بارش منفی بوده و سیر نزولی داشته است. روند منفی بارش طی فصل رشد در نیمه شمالی استان بیشتر از نواحی دیگر نمایان است، زیرا روند منفی در این نواحی در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده کاهش قابل توجه بارش در این نواحی است. نکته

با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین فعالیت‌های فیزیولوژیکی درختان و میزان بارش طی فصل رشد وجود دارد، روند تغییرات بارش طی دوره مورد مطالعه برای فصل رشد جنگل‌های منطقه (فوریه، مارس و آوریل) (شکل ۵) محاسبه شد. براساس نتایج به دست آمده، طی فصل رشد جنگل‌های

ماه آوریل بود. نکته قابل توجه در این قسمت روند منفی بارش در سطح اطمینان ۹۰ درصد برای جنگل‌های استان ایلام در ماه مارس است (شکل ۹) که براساس نمودار طیفی، در این زمان درصد قابل توجهی از رشد درختان منطقه انجام می‌شود.

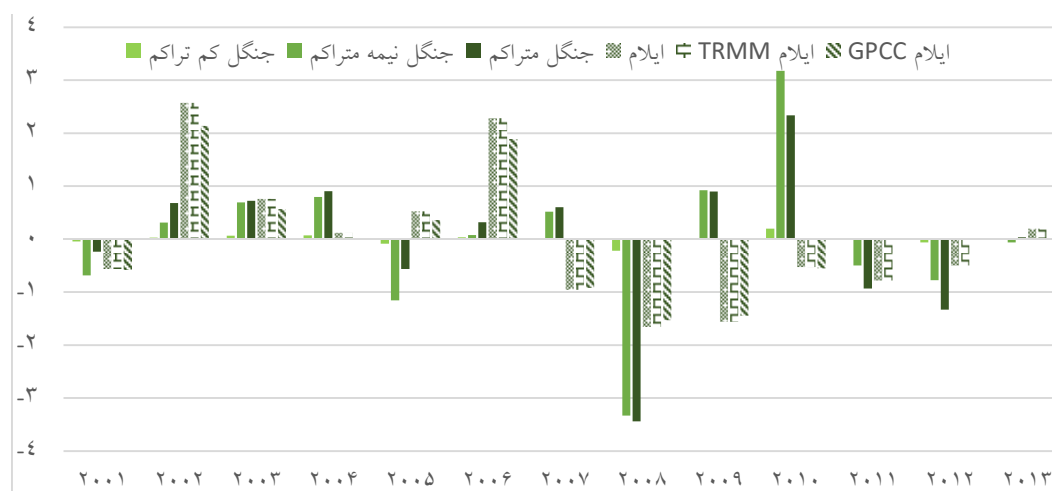
قابل توجه هماهنگی بیشینه سایت‌های دچار خشکیدگی در نیمه شمالی با بیشینه روند منفی بارش است. همچنین بررسی روند تغییرات بارش در هر یک از ماه‌های فصل رشد بیانگر روند منفی بارش در ماه‌های مارس و فوریه و روند مثبت بارش در



شکل ۹- روند تغییرات بارش داده‌های شبکه GPC و سنجنده TRMM در فصل رشد جنگل‌های استان ایلام

براساس نتایج پیشین، برای بررسی تغییرات میزان NDVI مناطق جنگلی در ارتباط با تغییرات بارش رخ داده در منطقه مورد مطالعه، میزان بارش ایستگاه ایلام به همراه بارش به دست آمده از نقاط شبکه نزدیک به این ایستگاه با میزان NDVI در مقیاس سالانه و فصل رشد در ارتباط با هم مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که شکل ۱۰ نشان می‌دهد، اولین کاهش قابل توجه در میزان

براساس نتایج پیشین، برای بررسی تغییرات میزان NDVI مناطق جنگلی در ارتباط با تغییرات بارش رخ داده در منطقه مورد مطالعه، میزان بارش ایستگاه ایلام به همراه بارش به دست آمده از نقاط شبکه نزدیک به این ایستگاه با میزان NDVI در مقیاس سالانه و فصل رشد در ارتباط با هم مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که شکل ۱۰ نشان می‌دهد، اولین کاهش قابل توجه در میزان



شکل ۱۰- ارتباط بین تغییرات بارش و شاخص پوشش گیاهی NDVI در مقیاس سالانه

## بحث

NDVI در سری زمانی ۱۶ روزه توانایی زیادی در پایش و بررسی تغییرات زمانی و همچنین تعیین مراحل رشد، فعالیت فتوسنتزی و مرحله پیری پوشش‌های گیاهی دارند. با استفاده از این توانایی می‌توان ابتدا تغییرات زمانی پوشش‌های یک محدوده وسیع را مشخص کرد و در ادامه با استفاده از تصاویر با دقت مکانی زیاد، تغییرات مکانی پوشش‌ها را نیز مشخص کرد. Jafari و همکاران (۲۰۱۴) نیز برای بررسی خشکیدگی جنگل‌های ایلام از تکنیک‌های سنجش از دور استفاده کردند، با این تفاوت که آنها بیشتر تغییرات مکانی و سطح خشکیدگی جنگل‌ها را بررسی کردند.

نتایج بررسی تغییرات بارش و ارزیابی داده‌های شبکه‌ای نشان داد که این داده‌ها در مقیاس زمانی ماه و سال در نقاط مختلف استان از دقت زیادی برخوردارند. تغییرات بارش طی دوره مورد مطالعه در مقیاس سالانه در اغلب نواحی استان ایلام روند منفی داشت و در برخی مکان‌ها به‌ویژه جنگل‌ها این روند منفی در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنی‌دار بود. روند تغییرات بارش طی دوره رشد جنگل‌ها به‌ویژه در ماه اسفند منفی و از معنی‌داری قابل توجهی (در سطح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد) برخوردار بود. بررسی ارتباط بین میزان بارش و شاخص NDVI بیانگر رابط معکوس بارش و شاخص گیاهی در جنگل‌های استان ایلام بود، زیرا

بررسی ارتباط کمی بین تغییرات شاخص‌های گیاهی و تغییر عناصر آب و هوایی به‌ویژه بارش برای درک و پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی بر پوشش‌های مختلف گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش، تغییرات زمانی شاخص گیاهی NDVI مناطق جنگلی استان ایلام طی دوره ۱۴ ساله (۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳) در ارتباط با تغییرات بارش با استفاده از داده‌های ایستگاهی و شبکه‌ای بررسی و واکاوی شد. براساس گزارش‌های سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور (Anonymous, 2011) و همچنین مشاهدات محلی، اولین آثار خشکیدگی در جنگل‌های زاگرس در سال ۱۳۸۳ مشاهده شده است. بررسی روند تغییرات میزان NDVI این مناطق براساس روش‌های نام‌برده شده نشان‌دهنده اولین کاهش قابل توجه میزان شاخص گیاهی NDVI در سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ است که از نظر زمانی برابر با سال ۱۳۸۳ است. این روند کاهشی در سال ۲۰۰۸ به مقدار قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که طی دوره مورد مطالعه، میزان NDVI سال ۲۰۰۸ به کمترین مقدار می‌رسد. این هماهنگی زمانی بین مشاهدات و نتایج سنجش از دور پژوهش پیش‌رو، بیانگر دقت مناسب روش‌ها و داده‌های مورد استفاده است. همچنین مشخص شد که تصاویر سنجنده مادیس ماهواره ترا و به‌ویژه محصول

- Hamzhepour, M., Kia-daliri, H. and Bordbar, K., 2012. Preliminary study of manna oak (*Quercus brantii* Lindl.) tree decline in Dashte-Barm of Kazeroon, Fars province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(2): 352-363 (In Persian).
- Hanson, P.J. and Weltzin, J.F., 2000. Drought disturbance from climate change: response of United States forests. The Science of the Total Environment, 262: 205-22.
- Hosseini, A., Hosseini, S.M., Rahmani, A. and Azadfar, D., 2013. Comparison between two oak stands (healthy and affected by oak decline) in respect to characteristics of competitive environments at Ilam province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(4): 606-616 (In Persian).
- Jafari, M.R., Hosseinzadeh, J., Pourhashemi, M., Norouzi, A.A., Mirakhorlou, Kh. and Mohammadpour, M., 2014. Identification and zoning of forest stands affected by oak decline using GIS & RS in Ilam Province. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, 48p (In Persian).
- Krahwinkler, P. and Rossmann, J., 2010. Tree species classification based on the analysis of hyperspectral remote sensing data. 30th EARSeL Symposium: Remote Sensing for Science, Education and Culture, Paris, 207p.
- Mapfumo, B., Murwira, A., Masocha, M. and Andriani, R., 2014. Monitoring and evaluating the impacts of subtle deforestation on tree diversity in savanna woodlands. International Journal of Research in Agriculture and Food Sciences, 1(5): 2311-2476.
- Mas, J.F., Puig, H., Palacio, J.L. and Sosa-Lopel, A., 2004. Modeling deforestation using GIS and Artificial Neural Networks. Environmental Modeling & Software, 19: 461-471.
- Nguyen, T.T.H., 2013. Earth observation for rice crop monitoring and yield estimation: Application of satellite data and physically based models to the Mekong Delta. Ph.D. thesis, Faculty of Geoinformation Science and Earth Observation, University of Twente, Netherlands, 49p.
- Papoli Yazdi, M. and Fathnia, A., 2007. Relationships between humans and oak. Journal of Geography Education, 20(1): 7-17 (In Persian).
- Parma, R. and Shataee Jouybari, Sh., 2010. Impact of physiographic and human factors on crown cover and diversity of woody species in the Zagros forests (Case study: Ghalajeh forests, Kermanshah province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 4(42): 539-555 (In Persian).

یکی از دلایل اصلی کاهش قابل توجه سبزینگی در سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸، کاهش در مقدار بارش سالانه به‌ویژه در فصل رشد بود. این نتایج با یافته‌های Shen و همکاران (۲۰۱۴) و Sun و همکاران (۲۰۱۳) در خصوص ارتباط بین عناصر اقلیمی و شاخص گیاهی در فصل رشد و مقیاس سالانه و با یافته‌های Hamzhepour و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی مقدماتی خشکیدگی درختان بلوط دشت برم هماهنگی دارد. براساس نتایج پژوهش پیش‌رو می‌توان گفت که یکی از عامل‌های اصلی پدیده خشکیدگی در جنگل‌های منطقه، کاهش بارش و پیامدهای آن همچون خشکسالی و تغییرپذیری عناصر اقلیمی است. همچنین با توجه به نبود ایستگاه و کمبود داده در جنگل‌ها، استفاده از داده‌های شبکه‌ای و سنجش از دور برای بررسی شرایط اقلیمی مناطق جنگلی استان از دهه ۵۰ میلادی به بعد، روشی مناسب و کم‌هزینه است.

## References

- Anonymous, 2011. National project on prevention and control of oak decline in Zagros forests. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 52p (In Persian).
- Arend, M., Brem, A., Kuster, T.M. and Gunthardt, M.S., 2012. Seasonal photosynthetic responses of European oaks to drought and elevated daytime temperature. Plant Biology, 15(1): 169-176.
- Bravo, F., LeMay, V., Jandl, R. and Gadow, K., 2008. Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change. Springer, 333p.
- Bugmann, H., Brang, P., Elkin, C., Henne, P., Jakoby, O., Lévesque, M., Lischke, H., Psomas, A., Rigling, A., Wermelinger, B., Zimmermann, N.E., 2014. Climate change impacts on tree species, forest properties, and ecosystem services: 79-88. In: Raible, C.C.; Strassmann, K.M. (Eds.) CH2014- Impacts, Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland, Bern: OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope, and ProClim.
- Dewan, A.M. and Yamaguchi, Y., 2009. Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh. Environmental Monitoring and Assessment, 150: 237-249.

- Sensing, 5: 1894-191.
- Tou, J.T. and Gonzalez, R.C., 1974. Pattern Recognition Principles Massachusetts: Reading, Advance Book Program. Addison-Wedley Publishing Company.
  - Weber, P., Bugmann, H., Fonti, P. and Rigling, A., 2008. Using a retrospective dynamic com-petition index to reconstruct forest succession. *Forest Ecology and Management*, 254: 96-106.
  - Hussin, Y.A. and Bijker, W., 2000. Inventory of remote sensing applications in forestry for sustainable management. ISPRS 2000 Congress: Geoinformation for All, Amsterdam, the Netherlands, 16-23 July, pp. 575-587.
  - Zangiabadi, S., Ahmadimoghadam, A. and Naseri, F., 2011. Forest classification using IRS satellite data. *World Applied Sciences Journal*, 15: 1409-1413.
  - Zebardast, L., Jafari, H.R., Bادهیان, Z. and Ashegh Moalla, M., 2011. Assessment of the trend of changes in land cover of Arasbaran protected area using satellite images of 2002, 2006 and 2008. *Environmental Researches*, 1: 23-33 (In Persian).
  - Zhao, X., Xu, P., Zhou, T., Li, Q. and Wu, D., 2013. Distribution and variation of forests in China from 2001 to 2011: A study based on remotely sensed data. *Forests*, 4: 632-649.
  - 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*, 2(5): 275-280.
  - Ryan, M.G., Vose, J.M. and Weed, A., 2012. Effects of climatic variability and change on forest ecosystems: A comprehensive science synthesis for the U.S. forest sector. Chapter 2: Effects of Climatic Variability and Change. General Technical Report PNW-GTR-870, Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 5p.
  - 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*, 3(5): 737-747.
  - Shen, Z., Gang, F., Chengqun, Y., Sun, W. and Zhang, X., 2014. Relationship between the growing season maximum enhanced vegetation index and climatic factors on the Tibetan Plateau. *Remote Sensing*, 6: 6765-6789.
  - Sun, J., Cheng, G., Li, W., Sha, Y. and Yang, Y., 2013. On the variation of NDVI with the principal climatic elements in the Tibetan Plateau. *Remote*

## Analysis of relationship between forest decline and precipitation changes in Ilam Province

Gh. Azizi<sup>1\*</sup>, M. Miri<sup>2</sup>, H. Mohamadi<sup>3</sup> and M. Pourhashemi<sup>4</sup>

1\* - Corresponding author, Associate Prof., Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Email: ghazizi @ut.ac.ir

2- Ph.D. Student, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

3- Prof., Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

4- Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 02.26.2015

Accepted: 06.01.2015

### Abstract

Oak decline phenomenon recently led to considerable dieback within Zagros forests. This study was designed to assess the temporal trends of changes in forest cover of the Ilam province in association with precipitation variations during a 14-year period (2000-2013). To this aim remote sensing and GIS techniques were used. The remote sensing data included 16-day NDVI products of MODIS data as well as Google-Earth archive and the related control points. Additionally climatic data from synoptic stations, GPCP long-term data and TRMM rainfall data were applied. The optimal number of land cover and forest classes was defined by means of an unsupervised ISODATA method and mean and minimum divergence separation indexes. The result indicated 35 and 30 land cover classes to be appropriate for annual and long-term assessments, respectively. Spectral graph revealed a growth period from mid-February to early-May within Ilam forests. NDVI trend revealed the first significant reduction in forest cover in 2005 and the second one in 2008, which was followed by a descending trend in forest cover for the last 3-years of the investigated 14-year period. The data from ground stations and rainfall grid point indicated negative annual and monthly rainfall trends. The trend was significant within forests in 90% and 95% confidence levels. The peak of the declining precipitation trend was observed in the beginning of growth season in March. Correlating the NDVI with and precipitation trend revealed significant reduction of annual precipitation and drought stress during the growth season are particularly responsible for considerable amounts of forest dieback and chlorophyll decline within forests of Ilam.

**Keywords:** Separability, oak decline, GPCP, satellite TRAA, satellite TRMM.