



تعیین وسعت و شدت پدیده زوال بلوط در جنگلهای شهرستان ملکشاهی با استفاده از تصاویر لندست

صدرا ایمانی فر^{۱*}، مهدی حسنلو^۲، مهدی معتق^۲، محمد رستم نیا^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران

۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران

چکیده:

جنگل‌های زاگرس، با گستردگی در ۱۱ استان، ۴۰ درصد جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهند. حفاظت آب و خاک از کارکردهای مهم این جنگل‌هاست. در طی سال‌های گذشته گزارشاتی از زوال درختان این ناحیه رویشی، مخصوصاً در استان ایلام، رسیده است. زنجیره عوامل این پدیده زیست محیطی با بحران‌هایی چون خشکسالی آغاز می‌شود و در انتها به مواردی چون قارچ ذغالی بلوط و سوسک‌های چوب-خوار ختم می‌گردد. شناسایی موقعیت مکانی مناطق بحرانی اولویت نخست در مقابله با زوال بلوط و یا سیاست‌گذاری در جهت درمان این عارضه می‌باشد. در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای لندست در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ از شهرستان ملکشاهی واقع در استان ایلام، استفاده شد. در این مقاله، بر مبنای شیب تغییرات زمانی پنج شاخص منتخب گیاهی مناسب، در طی ۱۶ سال بررسی و با توجه به نقشه‌های حاصل بازدید میدانی، جنگل‌های بلوط به چهار کلاس طبقه‌بندی شدند؛ که عبارتند از: جنگل سالم، خشکیدگی کم، خشکیدگی متوسط و خشکیدگی شدید. همچنین، با تلفیق نتایج طبقه‌بندی پنج شاخص به روش رای اکثریت^۱، یک نقشه طبقه‌بندی شده برای پدیده زوال بلوط، حاصل شد. بر طبق نتایج حدود ۲۵٪ از جنگل‌های شهرستان دچار خشکیدگی شده اند. حدود ۱۵٪ از این سطح، به خشکیدگی کم، ۴۹٪ به خشکیدگی متوسط و ۳۶٪ به خشکیدگی شدید تعلق دارد. در انتها همبستگی موجود میان نتایج شاخص تفاضلی رطوبت^۱ و داده‌های ایستگاه‌های باران سنجی به صورت کمی و کیفی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج بدست آمده همبستگی بالای ۴۵٪ را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: زوال بلوط، شاخص گیاهی، تصاویر چندزمانه لندست



۱- مقدمه

جنگل‌ها ۳۱ درصد از سطح خشکی‌ها را پوشش داده‌اند [۱] و نقش مهمی را در کیفیت حیات بشر به عهده دارند. سرانه جنگل در جهان ۰/۶ هکتار است [۱] ولی در ایران ۰/۱۴۴ هکتار می‌باشد [۲] که این ارقام حاکی از فقر ایران در زمینه منابع جنگلی می‌باشد. کنترل روان آب‌های سطحی و نفوذ آن به داخل زمین، تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی، کاهش آلودگی هوا و ضد عفونی کردن هوا تنها بخشی از کارکردهای پوشش‌های جنگلی می‌باشد، که بیانگر اهمیت بالای آنها است. بر اساس تحقیقات، بروز تغییرات مختصر در کمیت و کیفیت جنگل‌ها می‌تواند به بروز نوساناتی در الگوهای آب و هوایی ختم گردد. یک درخت در طول حیات خود، ممکن است با تنش‌های مختلف محیطی، مبارزه کند. از جمله این تنش‌ها، می‌توان به تنش حرارتی (گرما زدگی و سرمازدگی)، تنش خشکی، تنش شوری، تنش مربوط به آفات گیاهی، تنش مربوط به بیماری‌های گیاهی (عمدتاً قارچ‌ها)، اشاره نمود. [۳]

در این میان جنگل‌های زاگرس به عنوان یکی از مناطق پنج‌گانه اکولوژیکی ایران، با حدود پنج میلیون هکتار مساحت، ۴۰ درصد جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهند [۴]. جنگل‌های زاگرس از ناحیه سردشت آذربایجان غربی تا فیروزآباد فارس امتداد دارند. بارندگی سالیانه ۴۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر [۵]، ریزش ۳۰ درصد از کل نزولات کشور در این منطقه و تامین بیش از ۴۰ درصد از آب کشور از ویژگی‌های عمده این منطقه رویشی است. با این همه درختان موجود در محدوده زاگرس، در سال‌های اخیر، شرایط سخت و همراه با بحران را تجربه نموده‌اند. در طی سال‌های گذشته (۱۳۹۱-۱۳۸۷) گزارشات متعددی از زوال و مرگ تعداد زیادی از درختان جنگلی و خسارت بالای آن واصل شده است. علاوه بر پدیده زوال بلوط، آتش‌سوزی‌ها اخیر، ضربات دیگری را نیز به سلامت این ناحیه رویشی وارد ساخته است. براساس آمار سازمان جنگل‌ها، بیماری خشکیدگی بلوط در زاگرس اولین بار در سال ۲۰۰۹ توسط ادارات منابع طبیعی ایلام و فارس گزارش شد و پس از آن از سایر استان‌های زاگرسی نیز گزارش‌هایی در این خصوص اعلام شد. وسعت مناطق آلوده در زاگرس بیش از یک میلیون هکتار است [۶]، که این سطح از آلودگی حکایت از عمق فاجعه می‌کند. هرچند این خشکیدگی در همه استان‌های منطقه رویشی زاگرس مشاهده شده است، اما میزان خشکیدگی درختان بلوط در استان ایلام بیش از استان‌های دیگر می‌باشد.

در این تحقیق تصاویر فصل تابستان از سنجنده های OLI و ETM+ از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ از شهرستان ملک‌شاهی از استان ایلام تهیه شده است. کالیبراسیون صورت پذیرفت و به دنبال آن با استفاده از ابزار فلاش (FLAASH)^۱، تصحیح اتمسفری تصاویر انجام شد. سپس مرحله انطباق هندسی تصاویر، انجام شده است. در گام بعد، پیکسل‌های غیر جنگلی ماسک شد و به دنبال آن شاخص‌های گیاهی مختلف محاسبه گشت. از سوی دیگر با توجه به وجود اطلاعات مربوط به بازدیدهای میدانی، طبقه‌بندی مناطق جنگلی توسط هر یک از شاخص‌های گیاهی به چهار طبقه صورت پذیرفت. چهار طبقه عبارتند از: پوشش جنگلی سالم، پوشش جنگلی زوال یافته در شدت کم، پوشش جنگلی زوال یافته در شدت متوسط و پوشش جنگلی زوال یافته در شدت بالا. سپس نتایج طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌ها با روش رأی اکثریت با هم تلفیق و یک نقشه طبقه‌بندی شده برای پدیده زوال بلوط و شدت آن حاصل شده است.

۲- پیشینه تحقیق

به طور کلی در فضای تحقیقاتی مربوط به خشکیدگی بلوط، با توجه به سابقه مشابه این پدیده، در کشورهایی مانند ژاپن و ایالات متحده وجود دارد، عناوین مختلفی مانند oak decline و sudden oak death و oak wilt به چشم می‌خورد. گرچه در این مقاله، از تمامی موارد فوق با عنوان "زوال بلوط" تعبیر می‌گردد، اما با نگاهی دقیق‌تر، باید توجه داشت که پدیده‌ای که دامنگیر درختان بلوط در ایران شده است، هیچ کدام یک از موارد فوق نیست. در واقع عامل

¹ Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes



قارچ بیماری‌زا، در هر یک از موارد فوق متفاوت می‌باشد. از یک دیدگاه می‌توان عوامل این بیماری را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم‌بندی کرد. طبق نمونه‌برداری‌های انجام شده از جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس؛ یک نوع قارچ بنام ذغالی بلوط (با نام علمی *Biscogniauxia mediterana*) مورد شناسایی قرار گرفته است، که به عنوان عامل قارچ بیماری‌زا برای پدیده خشکیدگی بلوط، شناخته می‌شود. بررسی‌های صورت گرفته نشان داده است که علاوه بر بیماری فوق، درختان ضعیف، مورد هجوم آفات چوبخوار (از خانواده‌های *Buprestidae* و *Cerambycidae*) نیز قرار گرفته‌اند. اما عوامل بیان شده تاکنون، عوامل ثانویه زوال بلوط هستند. در واقع درختان در ابتدا به دلایل مختلفی (عوامل اولیه) دچار ضعف فیزیولوژیکی می‌شوند و شرایط برای نقش آفرینی عوامل فوق، فراهم می‌گردد. از عوامل اولیه می‌توان به خشکسالی (شدت و تداوم آن)، تغییر اقلیم (افزایش درجه حرارت و تغییرات بارندگی)، افزایش شدت و مدت ریزگردها (اختلال در متابولیسم) اشاره کرد. [۶]، [۷]

بی‌تردید اطلاع از موقعیت مناطق آسیب دیده و حتی شدت آسیب در هر یک از مناطق، اولویت نخست برای هر اقدامی در راستای درمان و کنترل پدیده زوال بلوط است. دستیابی به چنین نقشه‌ای از زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس، اگر بخواهد از طریق عملیات میدانی صورت پذیرد، بسیار پرهزینه و زمان‌بر خواهد بود و نیازمند وجود تعداد بالایی کارشناس جهت بازدید از مناطق می‌باشد. علاوه بر این به طور کلی، دسترسی به برخی از مناطق به سادگی مقدور نیست. در این شرایط بررسی مساله به کمک روش‌های تصویربرداری هوایی و فضایی (سنجش‌ازدور) می‌تواند جایگزین مناسبی برای بررسی میدانی باشد. البته انجام نمونه‌برداری‌های زمینی جهت معیّن ساختن نتایج حاصل از روش‌های سنجش‌ازدور، ضروری است.

در مطالعات سنجش‌ازدوری، نمونه‌های متعددی را می‌توان ذکر کرد که از تصاویر ماهواره‌ای به منظور پایش سلامت و وسعت رویش‌های جنگلی استفاده شده است [۸]، [۹]. به عنوان مثال در [۸]، با استفاده از سری زمانی دوازده ساله از تصاویر مادیس^۲، روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی استخراج گشته است. در ارتباط با پدیده زوال بلوط نیز، به نظر می‌رسد، با توجه به روند زوال درخت بیمار و علائم مراحل مختلف بیماری (مانند تغییر رنگ برگ‌های درخت از سبز به قهوه‌ای و ریزش نامتعارف برگ‌ها)، امکان پایش پدیده از طریق تصاویر مختلف ماهواره‌ای، وجود داشته باشد. در [۱۰] سعی شده است تا از روش محاسبه شاخص NDWI در دو تاریخ و بررسی تغییرات مقدار این شاخص، طبقه‌بندی پدیده زوال بلوط صورت گیرد. در این تحقیق با تکیه بر تصاویر لندست^۳ (سنجنده‌های TM و ETM+) و بر مبنای اینکه پدیده زوال بلوط، بیشتر ناشی از وقوع خشکسالی در منطقه تحت مطالعه بوده است؛ استفاده از شاخص مذکور بر سایر شاخص‌های گیاهی از جمله NDVI ترجیح داده شده است. پس از محاسبه اختلاف شاخص NDWI در دو زمان، با یک حد آستانه‌گذاری ساده، پدیده زوال بلوط با دقتی بالاتر از ۷۵ درصد، در پنج سطح طبقه‌بندی شده است.

در کار تحقیقاتی دیگری [۱۱]، مجدداً از داده‌های ماهواره لندست، جهت دستیابی به روشی برای تعیین محدوده پدیده زوال بلوط (SOD) استفاده شده است. علاوه بر این، با استفاده از سری زمانی بیست ساله، سعی شده تا الگوی گسترش این پدیده نیز تعیین شود. در ابتدا با انتخاب زمان مناسب برای تصاویر و همچنین داده‌های کمکی متعدد، سعی بر این بوده که برخی از عوامل دیگر تخریب جنگل، مانند آتش‌سوزی (که ممکن است به اشتباه، زوال پنداشته شود) ماسک شده، تا شرایط برای بررسی پدیده زوال فراهم‌تر شود. در این مقاله نیز شاخص‌های گیاهی متعددی مورد بررسی قرار گرفتند و بهترین آنها (با توجه به تصاویر اخذ شده از گوگل ارث^۴) جهت طبقه‌بندی پدیده زوال بلوط، انتخاب شده است. گرچه شاید نتایج این کار از نظر دقت ضعیف باشد، اما مطالعه آن برای شروع کار تحقیقاتی در این حوزه توصیه می‌شود. در [۱۲] به شناسایی درختان بیمار توسط تصاویر طیفی با توان تفکیک مکانی بالا، پرداخته شده

² MODIS

³ landsat

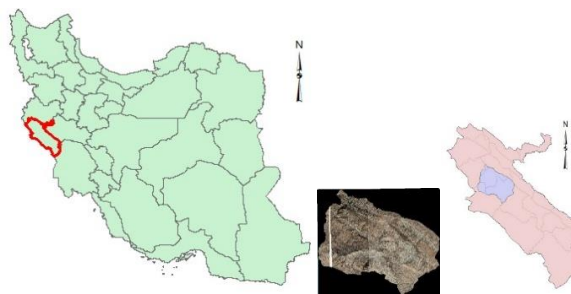
⁴ Google Earth



است. در این تحقیق در ابتدا تبدیل رنگی HSI^۵ روی تصاویر ارتو از سنجنده‌های IKONOS و QUICKBIRD اعمال شده و سپس با تحلیل خوشه‌ای بر روی باندهای H و S و شاخص گیاهی NDVI، شناسایی درختان زوال یافته از روی تاج آنها، صورت پذیرفت. گرچه شناسایی پدیده زوال بلوط با تصاویر اپتیک معمول و همچنین تصاویر با توان تفکیک مکانی بالا میسر می‌باشد، اما قابلیت این تصاویر در شناسایی زود هنگام این عارضه چندان بالا نمی‌باشد. از طرفی پیش‌بینی زود هنگام این بیماری، در زمینه مدیریت آن، بسیار کاربردی می‌باشد. به همین دلیل، گرایش به استفاده از تصاویر فراطیفی جهت شناسایی پدیده زوال بلوط، در تحقیقات سالیان اخیر دیده می‌شود [17]-[13]. به عنوان نمونه در [۱۳] با هدف نهایی شناسایی این پدیده در مراحل آغازین (قبل از بروز علائم ظاهری) از داده‌های فراطیفی استفاده شده است. در این تحقیق حجم بالایی از کار میدانی در زمینه جمع‌آوری رفتارهای طیفی اعضای مختلف یک درخت و هم‌میتور کارهای آزمایشگاهی متعدد، به منظور تعیین تمایزهای طیفی مربوط به درخت در مراحل مختلف بیماری، صورت گرفته است. سپس با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده فراطیفی HYPERION، هدف نهایی، تحقق خواهد یافت. در [۱۶] نیز با بررسی رفتار طیفی درختان مشخصی تا رسیدن زوال کامل آنها؛ شناسایی زوال بلوط در ژاپن صورت پذیرفته است. در تحقیق حاضر، از داده‌های ماهواره لندست استفاده شده است. اگر روشی بتواند از طریق تصاویر این سنجنده پدیده زوال بلوط را (هر چند به صورت تقریبی) مورد بررسی قرار دهد، با توجه دسترسی رایگان به این تصاویر، بسیار مطلوب خواهد بود. از سوی دیگر هدف اصلی پایش این پدیده توسط تصاویر لندست، تعیین محدوده کلی مناطق آسیب دیده است، به طوری که هدایت‌کننده بازدیدها و بررسی‌های میدانی به سمت مناطق پرخطرتر باشد.

۳- داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

شهرستان ملک‌شاهی با وسعتی بالغ بر ۱۶۰۰۳۰ هکتار، از نظر جغرافیایی در مرکز استان ایلام قرار گرفته است (شکل ۱). این شهرستان در محدوده ۴۶.۲۷۰۸ درجه تا ۴۶.۸۸ درجه شرقی و ۳۲.۰۸۴۴ درجه تا ۳۲.۵۱۵ درجه شمالی، جای دارد [۱۸]. این منطقه جزء مناطق خشک و نیمه خشک سلسله جبال زاگرس محسوب می‌گردد. شهرستان ملک‌شاهی، از نظر ارتفاعی، در حداقل مقدار، ۳۳۰ متر و در حداکثر مقدار خود به ارتفاع ۲۷۳۷.۳ متر از سطح دریا، می‌رسد.



شکل ۱: موقعیت شهرستان ملک‌شاهی در نقشه کشور

۳-۱- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

در این پژوهش از تصاویر ماهواره ای لندست ۷ و ۸ در مسیر ۶ ۱۶۷ و سطر ۷ ۳۷، استفاده شده است. تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ مربوط به سنجنده ETM+ از ماهواره لندست ۷ بوده و برای سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ از تصاویر اخذ شده توسط سنجنده OLI از ماهواره لندست ۸، استفاده شده است. در این تحقیق صرفاً از باندهای طیفی جهت بررسی پدیده زوال بلوط استفاده گشته و از باندهای حرارتی و پانکروماتیک این سنجنده‌ها بهره‌برداری نشده است. در

⁵ Hue, Saturation and Intensity

⁶ path

⁷ row



ارتباط با داده‌های سنجنده ETM+ باید توجه داشت که طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ (ده سال از سری ۱۶ ساله مورد مطالعه) در حالت SLC-off اخذ شده است. اما خوشبختانه شهرستان مورد مطالعه به دلیل آنکه در مرکز تصاویر واقع است، چندان از این نقص متضرر نشده است. از سوی دیگر با توجه به روش اتخاذ شده در این تحقیق، ضرورتی برای انجام پیش‌پردازش جهت برطرف ساختن این نقص وجود ندارد.

۳-۲- داده‌های میدانی

در این تحقیق از دو دسته داده به منظور تکمیل فرآیند بررسی زوال بلوط استفاده شده است، اول (اطلاعات و نقشه‌های مربوط به زوال بلوط می‌باشد. نقشه‌ها و اطلاعاتی، از طریق سازمان متولی امر جنگل‌ها در استان ایلام، در ارتباط با وسعت و شدت این پدیده، از منطقه مورد مطالعه در اختیار قرار گرفته است. مبنای اصلی در تهیه نقشه‌های فوق الذکر، مشاهدات میدانی کارشناسان جنگل، از مناطق مختلف بوده که پس از آن، محدوده مناطق آسیب دیده در کنار شدت زوال، بر روی یک داده مینا، ترسیم می‌گردند. بنابراین به نظر نمی‌رسد، که بتوان از آنها به عنوان معیاری برای سنجش کیفیت نتایج حاصل از این تحقیق استفاده کرد؛ اما در مرحله طبقه‌بندی اولیه هر یک از شاخص‌ها، از آنها به نحوی که بیان خواهد شد، استفاده شده است. دوم) داده‌های باران سنجی ایستگاهی (مجموع بارش ماهانه) است. سازمان هواشناسی کشور، در استان ایلام، ایستگاه‌هایی را فراهم نموده است که به صورت نقطه‌ای کمیت‌های مختلفی، از جمله میزان بارندگی را اندازه‌گیری می‌کنند. آمار مربوط به باران سنجی در منطقه مورد مطالعه می‌تواند در مرحله تحلیل نتایج، سودمند واقع شود. اما در ارتباط با محدودیت این داده‌ها، باید اشاره کرد که به علت در دسترس نبودن داده‌های شهرستان ملک‌شاهی، از داده‌های شهر ایلام که در همسایگی شهرستان مورد مطالعه قرار دارد، استفاده شده است. داده‌های فوق از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴، به صورت ماهانه موجود می‌باشد.

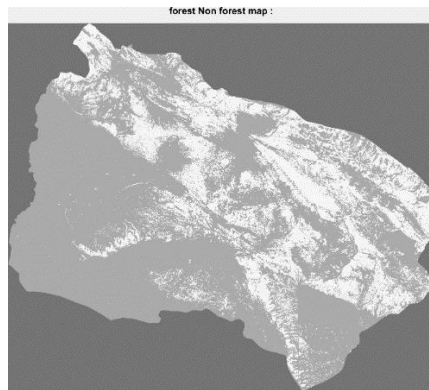
۴- روش پیشنهادی و پیاده‌سازی

در سطح منطقه مورد مطالعه، پوشش‌های زمینی مختلفی از جمله مناطق شهری، مراتع و مزارع وجود دارد. وجود برخی از این پوشش‌ها به دلیل شباهت‌های رفتار طیفی با درختان بلوط ممکن است به اشتباه جنگل بلوط تشخیص داده شوند. بدین منظور انجام یک طبقه‌بندی کلی در ابتدای کار جهت جداسازی پوشش جنگلی بلوط و غیر آن، جهت بالا بردن دقت برآوردهای نهایی ضروری به نظر می‌آید. برای این منظور در گام اول تصاویر انتهایی تابستان (در تمام دوره زمانی ۱۶ ساله) اخذ شده است. چرا که با توجه به زمان بندی کشت و برداشت محصولات زراعی و همچنین زمان خشک شدن پوشش مرتعی، انتظار می‌رود که این اختلاط طیفی به حداقل برسد. از سوی دیگر با استفاده از تصاویر Google Earth محدوده کلی پوشش جنگلی استخراج شد. این جنگل‌ها از نظر تراکم یکدست نیستند به طوری که برخی از مناطق از محدوده کلی (پیکسل‌های درون محدوده استخراج شده)، فاقد درخت می‌باشد. برای رفع این مشکل مقدار شاخص گیاهی ⁸EVI برای تعدادی از پیکسل‌های به سال تصویر ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۰، که فاقد درخت بودند (ولی در محدوده کلی قرار داشتند)، به صورت دستی تعیین شد. سپس براساس این مقادیر حد آستانه‌ای برای شاخص EVI لحاظ شد که به کمک آن، حذف پیکسل‌های فوق الذکر میسر شد. البته در انتها بررسی بصری مختصری نیز انجام شد تا در صورت مشاهده و باقی ماندن پیکسل‌های مربوط به مرتع یا پوشش‌های مشابه، آنها نیز حذف گردند. در واقع خروجی فرآیند فوق یک تصویر دودویی⁹ می‌باشد (شکل ۲) که از وجود یا عدم وجود جنگل بلوط در پیکسل‌های تصویر، حکایت می‌کند. با بررسی ۶۰ پیکسل از سطح محدوده مطالعه به عنوان واقعیت زمینی (حاصل از گوگل ارث)، دقت کلی¹⁰ این طبقه بندی ۸۸ درصد محاسبه شد.

⁸ Enhanced Vegetation Index

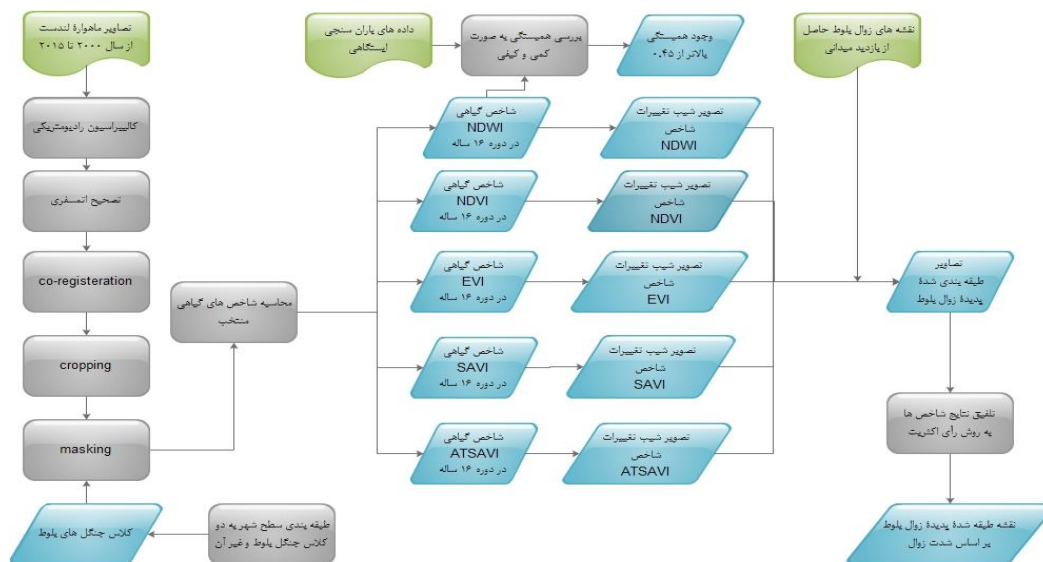
⁹ Binary

¹⁰ Overall accuracy



شکل ۲: سطح جنگلی شهرستان ملک شاهی

در شکل ۳، فلوجارت کلی انجام تحقیق آمده است.



شکل ۳: فلوجارت کلی روش پیشنهادی

پس از دریافت تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ از منطقه مورد مطالعه، در گام اول با توجه به اطلاعات فراداده هر یک از تصاویر، کالیبراسیون طیفی انجام گرفت (مقادیر درجه خاکستری به رادیانس تبدیل شد). سپس تاثیر آتمسفر از تصاویر کالیبره شده، به کمک ابزار FLAASH برداشته شد و پس از اعمال یک معادله (محاسبه بانندی) به خروجی FLAASH، مقادیر انعکاس طیفی^{۱۱} حاصل شد. بعد از این مرحله تصاویر از نظر هندسی منطبق شدند^{۱۲}. سپس با استفاده از مرز منطقه مورد مطالعه (شهرستان ملک‌شاهی)، همگی تصاویر بریده شدند^{۱۳}. در این تحقیق از شاخص‌های رطوبتی و گیاهی مختلفی برای بررسی پدیده زوال بلوط استفاده شده است. این شاخص‌ها عبارتند از: EVI [۱۹]، NDWI^{۱۴} [۲۰]، NDVI^{۱۵}، SAVI^{۱۶} و ATSAVI^{۱۷} [۲۱]. به ازای هر یک از شاخص‌ها، ۱۶ تصویر از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵، محاسبه شد. در گام بعد برای هر یک از پیکسل‌های محدوده مورد مطالعه نمودار تغییرات مقادیر تمامی

¹¹ Reflectance

¹² co-registration

¹³ crop

¹⁴ Normalized difference water index

¹⁵ Normalized difference vegetation index

¹⁶ Soil adjusted vegetation index

¹⁷ Adjusted transformed soil-adjusted vegetation index



شاخص‌های فوق، مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین برای هر پیکسل به تعداد شاخص‌های مورد استفاده، نمودارهایی وجود دارد که (اکثراً) در ۱۶ زمان (تاریخ‌های تصویربرداری) نمونه‌برداری شده‌اند. در مرحله بعد روند کلی تغییرات هر یک از شاخص‌ها از طریق برازش معادله خط مورد بررسی قرار گرفت. در واقع شیب خط برازش داده شده می‌تواند حاکی از افت یا بهبود وضعیت پوشش جنگلی باشد. به بیانی انتظار می‌رود، عوامل مختلف دیگری که یک شاخص ممکن است نسبت به آن حساس باشد، با برازش خط (که نوعی میانگین‌گیری و رفع نویز تلقی می‌شود) حذف گردند. بنابراین برای هر یک از شاخص‌های مورد مطالعه، تصویری تولید شد که مقدار هر پیکسل، برابر شیب تغییرات آن شاخص در آن پیکسل باشد. سپس هر یک از تصاویر (شیب خط تغییرات شاخص)، با توجه به نقشه‌های موجود، به چهار کلاس طبقه‌بندی می‌شود. این طبقه‌بندی از طریق تبدیل بازه کلی تغییرات به چهار زیربازه، به سادگی صورت می‌پذیرد. در این مرحله باید مرز میان طبقات مختلف را تعیین نمود. به عنوان مثال چه بازه‌ای از شیب تغییرات برای هر یک از شاخص‌ها، به عنوان خشکیدگی شدید، لحاظ می‌گردد. برای تعیین مرز این بازه‌ها از داده‌ها و نقشه‌های موجود، استفاده شد (جدول ۱). در واقع در گام اول، برای تمامی شاخص‌ها، فقط پیکسل‌هایی که دارای شیب تغییرات منفی بودند، به عنوان مناطق دچار زوال شناسایی شدند (مرز میان جنگل سالم و زوال یافته). در گام بعد با بررسی نقشه‌های حاصل از بازدید میدانی، نسبت مربوط به هر یک از سطوح شدت زوال، محاسبه و به تصاویر شیب، جهت طبقه‌بندی، اعمال شد.

جدول ۱: نسبت‌های اعمال شده به تصاویر شیب شاخص‌ها

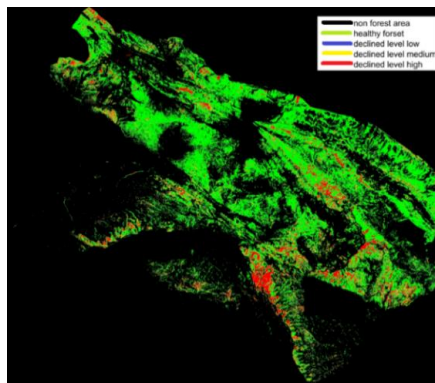
شدت زوال	پوشش جنگلی زوال یافته در شدت کم	پوشش جنگلی زوال یافته در شدت متوسط	پوشش جنگلی زوال یافته در شدت بالا
نسبت‌های حاصل از نقشه‌های زمینی	۱۹.۷۵٪	۴۷.۲۴٪	۳۳.۰۱٪

بنابراین پیکسل‌های آلوده (با شیب خط منفی) بر اساس نسبت‌های جدول ۱ به سه طبقه، تقسیم می‌گردند. به بیان دیگر مطابق با مقادیر ارائه شده در جدول ۲، وجود و شدت زوال از دید هر شاخص طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۲: مقادیر مرز میان طبقات برای شاخص‌های مختلف

عنوان شاخص	پوشش سالم	پوشش جنگلی زوال یافته در شدت کم	پوشش جنگلی زوال یافته در شدت متوسط	پوشش جنگلی زوال یافته در شدت بالا
NDVI	$NDVI \geq 0$	$-0.0003 < NDVI < 0$	$-0.0014 < NDVI \leq -0.0003$	$NDVI \leq -0.0014$
EVI	$EVI \geq 0$	$-0.0002 < EVI < 0$	$-0.0011 < EVI \leq -0.0002$	$EVI \leq -0.0011$
NDWI	$NDWI \geq 0$	$-0.0006 < NDWI < 0$	$-0.0019 < NDWI \leq -0.0006$	$NDWI \leq -0.0019$
SAVI	$SAVI \geq 0$	$-0.0001 < SAVI < 0$	$-0.0005 < SAVI \leq -0.0001$	$SAVI \leq -0.0005$
ATSAVI	$ATSAVI \geq 0$	$-0.0003 < ATSAVI < 0$	$-0.0013 < ATSAVI \leq -0.0003$	$ATSAVI \leq -0.0013$

با پایان مرحله قبل، پدیده زوال و شدت آن توسط هر یک از شاخص‌ها طبقه‌بندی گشته است. در گام نهایی نتایج شاخص‌های مختلف را با استفاده از روش رأی اکثریت، با یکدیگر تلفیق نموده و تصویر طبقه‌بندی شده واحدی (شکل ۲)، تولید می‌گردد. پس از تهیه خروجی نهایی به سادگی می‌توان وسعت مناطقی که در سطوح مختلف دچار زوال شده‌اند را نیز تعیین نمود (جدول ۳).

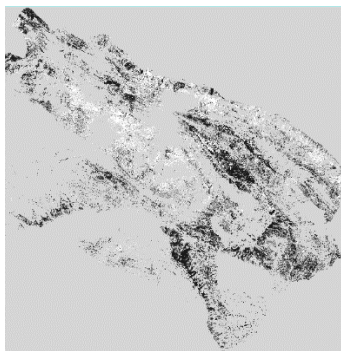


شکل ۲: طبقه‌بندی نهایی پدیده زوال

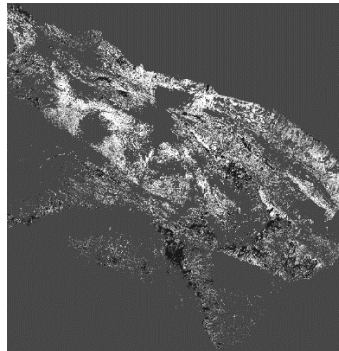
جدول ۳: برآورد نهایی سطوح زوال با شدت‌های مختلف

خشکیدگی با شدت بالا	خشکیدگی با شدت متوسط	خشکیدگی با شدت پایین	کلاس خشکیدگی
۴۸۵۵.۱۴	۶۵۹۴.۲۱	۱۹۸۱	سطح زوال یافته (هکتار)

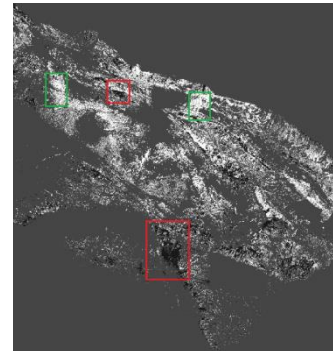
بعد از تولید تصاویر شیب تغییرات هر یک از شاخص‌ها و مشاهده آنها، (قبل از ورود به فرآیند طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌ها و تلفیق آنها) نکته مهمی بدست می‌آید که همان، وجود الگوهای تیره (مستطیل قرمز) و روشن (مستطیل سبز) در تصاویر شیب است (شکل ۳). به این معنا که مجموعه‌ای از پیکسل‌های همسایه از وضعیت مشابهی تبعیت می‌کنند، که نتیجه مهمی است. شاید بیان ملموس‌تر گزاره فوق این گونه باشد که لاقبل در سطح توان تفکیک مکانی سنجنده مورد استفاده پدیده زوال در سطح جنگل به صورت پراکنده رخ نداده است و بلکه پوشش جنگلی در برخی از مناطق و به صورت موضعی دچار این عارضه شده است.



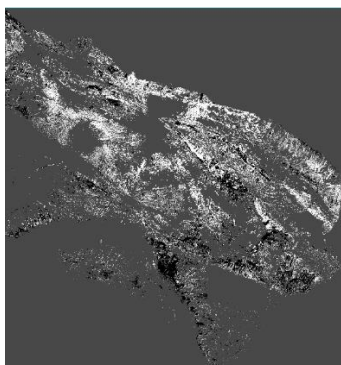
شیب شاخص NDWI



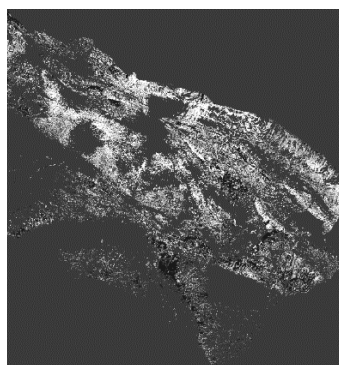
شیب شاخص EVI



شیب شاخص NDVI



شیب شاخص ATSAVI

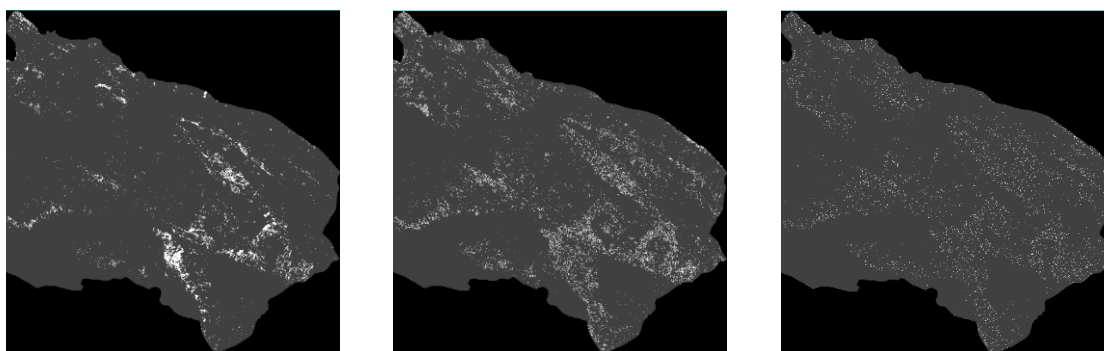


شیب شاخص SAVI

شکل ۳: تصویر شیب در شاخص‌های مختلف



هر یک از شاخص‌ها سطح جنگلی آسیب دیده را به سه سطح از خشکیدگی، طبقه‌بندی می‌نماید. با بررسی تصاویر سه گانه فوق مربوط به شاخص‌های مختلف (شکل ۴)، می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که هسته اصلی پدیده زوال (نقطه آغازین آن)، درختانی هستند که دارای شدت خشکیدگی بالا می‌باشند. سپس این بیماری به وسیله عوامل مختلف و طی زمان به درختان مجاور منتقل گشته است و به همین جهت در پیرامون همان مناطقی که خشکیدگی شدید وجود دارد با پراکندگی بیشتر، خشکیدگی‌های با شدت پایین‌تر قابل مشاهده است.



خشکیدگی شدید

خشکیدگی متوسط

خشکیدگی کم

شکل ۴: سطوح مختلف خشکیدگی از دید شاخص EVI

با توجه به وقوع حتمی پدیده زوال بلوط، انتظار می‌رود بهترین عملکرد مربوط به شاخصی باشد که مقادیر منفی بیشتری را (به عنوان شیب تغییرات) به پیکسل‌ها نسبت داده باشد (این به معنای آن است که آن شاخص نسبت به هدف حساس‌تر است). در جدول ۴، این موضوع را می‌توان به صورت کمی از طریق بررسی مقادیر میانگین و انحراف معیار این تصاویر مورد بررسی قرار داد.

جدول ۴: مقادیر میانگین و انحراف معیار مربوط به تصویر شیب شاخص‌های مختلف

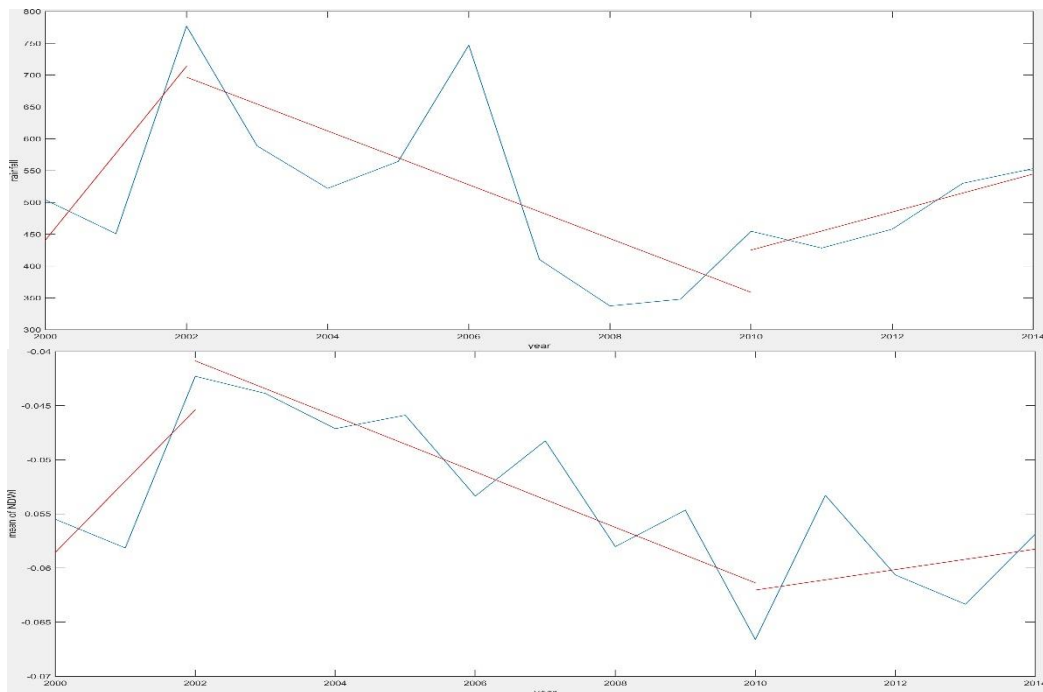
شاخص	میانگین	انحراف معیار
NDVI	0.00080255	0.0018
NDWI	-0.0013	0.0014
SAVI	0.00036	0.0006
EVI	0.0006	0.0013
ATSAVI	0.00085	0.0017

شاید با توجه به مقادیر جدول ۴، بهترین شاخص را بتوان NDWI دانست. از سوی دیگر اظهارات کارشناسان امر در ارتباط با اهمیت نقش رطوبت و خشکسالی صورت گرفته بر روی پدیده زوال بلوط، باعث می‌شود که توجه بیشتری به شاخص‌های رطوبتی صورت گیرد. نکته دیگری که باید لحاظ کرد تراکم جنگل‌های بلوط است. این جنگل‌ها به طور کلی، تنک محسوب می‌شوند. اهمیت این موضوع در ارتباط با ضرورت بالای حذف اثر خاک از محاسبات است. به همین دلیل، طبقه‌بندی پدیده زوال از دید شاخص‌هایی مانند SAVI و ATSAVI، اهمیت می‌یابد. بررسی دیگری که در این تحقیق شده است، مربوط به مقایسه داده‌های ایستگاهی باران سنجی و میانگین شاخص رطوبت NDWI می‌باشد. در واقع از نظر ریاضی همبستگی ۰.۴۵ میان این دو مجموعه وجود دارد. اما این ارتباط را می‌توان به صورت شهودی نیز درک نمود.



لازم به ذکر است این دو مجموعه از داده در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بر هم منطبق می‌باشند. همانطور که در شکل ۵ نیز نشان داده شده است، برای درک بهتر این ارتباط می‌توان؛ بازه زمانی [۲۰۰۰-۲۰۱۴] را به سه بازه [۲۰۰۰-۲۰۱۰] و [۲۰۱۰-۲۰۱۴] تقسیم نمود. شیب خطوط برازش داده شده همانطور که در شکل ۵، نمایش داده شده است، به خوبی بیانگر هماهنگی میان افت و خیزهای این دو مجموعه می‌باشد.

نکته جالب توجه در ارتباط با سال ۲۰۰۸ می‌باشد که طبق آمارهای باران سنجی ایستگاهی، کمترین مقدار را دوره‌ای حدوداً سی ساله [۱۹۸۷-۲۰۱۴] به خود اختصاص داده است. از سوی دیگر در نمودار مربوط به میانگین مقادیر NDWI، افت مقادیر در سال ۲۰۰۸ به بعد، مخصوصاً سال ۲۰۱۰ به چشم می‌خورد. شاید بتوان این مشاهده را این گونه تحلیل کرد که پوشش جنگلی با کاهش بارندگی در سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹، گرچه توانسته است برای یک یا دو سال از طریق ذخایر زیرزمینی تا حدی نیاز خود را برطرف سازد، اما این استرس آبی (کاهش بارندگی)، در سال ۲۰۱۰ به اوج خود می‌رسد.



شکل ۵: به ترتیب از بالا به پایین، نمودار بارندگی ماهانه در ایستگاه شهر ایلام؛ نمودار میانگین NDWI در شهر ملکشاهی. در واقع این پدیده که کمینه نمودار میانگین مقادیر NDWI نسبت به نمودار بارندگی با یک یا دو سال تاخیر رخ داده، با توجه به قابلیت ذخیره‌سازی آب باران توسط طبیعت، می‌تواند توجیه گردد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

داده‌ها و تصاویر سنجش از دوری، می‌توانند نقش مؤثری را در پایش و بررسی پدیده زوال بلوط عهده دار باشند. در این تحقیق با توجه به روند تغییرات شاخص‌های گیاهی منتخب، پدیده فوق‌شناسایی و از جهت شدت، در سه سطح طبقه‌بندی شد. از میان شاخص‌های مورد بررسی قابلیت شاخص NDWI به دلیل هماهنگ بودن با داده‌های باران سنجی، تبیین شد. داده‌های زمینی موجود در ارتباط با زوال بلوط نمی‌توانند، با توجه به نحوه برداشت و تهیه، نتایج این تحقیق را تأیید یا رد نمایند. اما در سطح کلی‌تر، از داده‌های فوق، جهت محاسبه نسبت مناطق آلوده مربوط به شدت‌های مختلف، استفاده شد. داده‌های میدانی، الگویی لایه‌ای را به این پدیده نسبت می‌دهند. به بیانی واضح‌تر در نقشه فوق‌الذکر، کل محدوده جنگلی به سه لایه که به موازات مرز کشور واقع شده‌اند، تقسیم می‌گردد. لایه



نزدیک تر به مرز دارای بیشترین شدت خشکیدگی بوده و به همین ترتیب، با فاصله گرفتن از مرز از شدت خشکیدگی نیز کاسته می‌شود. در صورتی که نتایج این تحقیق از الگویی هسته ای برای زوال بلوط، حکایت میکنند. به این معنا که خشکیدگی از مراکز در محدوده مورد مطالعه آغاز شده و در طی زمان به دلایل مختلف گسترش یافته است. به نظر میرسد وجود داده های زمینی دقیق تر و صحیح تر، جهت افزایش اطمینان از نتایج این تحقیق ضروری باشد.

تقدیر و تشکر

از همکاری های سازمان جنگل ها و مراتع کشور و اداره کل منابع طبیعی استان ایلام جهت ارائه اطلاعات مرتبط با زوال بلوط، تشکر به عمل می‌آید.

مراجع

- [1] R. J. Keenan, G. A. Reams, F. Achard, J. V. de Freitas, A. Grainger, and E. Lindquist, "Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015," *For. Ecol. Manag.*, vol. 352, pp. 9–20, Sep. 2015.
- [2] "Global forest resource assessment 2015, country report Iran (Islamic Republic), Rome 2014."
- [3] D. P. Bendixsen, S. W. Hallgren, and A. E. Frazier, "Stress factors associated with forest decline in xeric oak forests of south-central United States," *For. Ecol. Manag.*, vol. 347, pp. 40–48, Jul. 2015.
- [4] A. Valipour, T. Plieninger, Z. Shakeri, H. Ghazanfari, M. Namiranian, and M. J. Lexer, "Traditional silvopastoral management and its effects on forest stand structure in northern Zagros, Iran," *For. Ecol. Manag.*, vol. 327, pp. 221–230, Sep. 2014.
- [5] G.A. Heshmati, "Vegetation characteristics of four ecological zones of Iran," *International journal of plant production*, summer 2007.
- [6] فروزان ذاکری، سید محمد حجتی و هادی کیادلیری. "تحلیلی بر روند خشکیدگی و زوال جنگل های زاگرس"، سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست ۱۳۹۲
- [7] " دستورالعمل مدیریت پایدار جنگل در اکوسیستم های جنگلی زاگرس به منظور پیشگیری و کنترل خشکیدگی بلوط"، سازمان جنگل ها و مراتع و آبخیزداری کشور، معاونت مناطق مرطوب و نیمه مرطوب، کارگروه تخصصی ملی مدیریت پایدار زاگرس 1391 .
- [8] J. Lambert, C. Drenou, J.-P. Denux, G. Balent, and V. Cheret, "Monitoring forest decline through remote sensing time series analysis," *GIScience Remote Sens.*, vol. 50, no. 4, pp. 437–457, Aug. 2013.
- [9] E. Martinez del Castillo, A. García-Martin, L. A. Longares Aladrén, and M. de Luis, "Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain)," *Appl. Geogr.*, vol. 62, pp. 247–255, Aug. 2015.
- [10] C. Wang, Z. Lu, and T. L. Haithcoat, "Using Landsat images to detect oak decline in the Mark Twain National Forest, Ozark Highlands," *For. Ecol. Manag.*, vol. 240, no. 1–3, pp. 70–78, Mar. 2007.
- [11] Trinka Gillis, "Use of remotely sensed imagery to map sudden oak death (*Phytophthora ramorum*) in the Santa Cruz Mountains :: University of Southern California Dissertations and Theses," May-2014.



- [12] R. Komura, N. Kamata, M. Kubo, and K. Muramoto, "Identification of dead tree of Japanese oak wilt (JOW) using high spatial resolution satellite imagery," in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS '05. Proceedings. 2005 IEEE International, 2005, vol. 6, pp. 4351–4354.
- [13] B. Weissling, H. Xie, P. Jurena, "Early Detection of Oak Wilt Disease in *Quercus* spp.: A Hyperspectral Approach Pecora 16 'Global Priorities in Land Remote Sensing' October 23 – 27, 2005."
- [14] K. Uto, Y. Takabayashi, Y. Kosugi, and T. Ogata, "Hyperspectral Analysis of Japanese Oak Wilt to Determine Normalized Wilt Index," in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2008. IGARSS 2008. IEEE International, 2008, vol. 2, pp. II–295–II–298.
- [15] Uto, Kuniaki; Kosugi, Yukio, "Tree Disease Detection Based on Hyperspectral Manifold Learning of Phenological Transition on Forest," Proc., 2011.
- [16] R. Komura and K. Esaki, "A observation of predictor of Japanese oak wilt using high spectral sensor," in Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2012 IEEE International, 2012, pp. 6344–6347.
- [17] "WWETAC : Detection, Monitoring, and Mapping of Sudden Oak Death Using Hyperspectral Imagery."
- [18] وحید میرزایی زاده، علی مهدوی، "آشکارسازی گرایش مکانی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی : شهرستان ملکشاهی)"، اولین همایش ملی محیط زیست دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۳.
- [19] X. Gao, "Optical–Biophysical Relationships of Vegetation Spectra without Background Contamination," *Remote Sens. Environ.*, vol. 74, no. 3, pp. 609–620, Dec. 2000.
- [20] B. Gao, "NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space," *Remote Sens. Environ.*, vol. 58, no. 3, pp. 257–266, Dec. 1996.
- [21] N. H. Broge and E. Leblanc, "Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density," *Remote Sens. Environ.*, vol. 76, no. 2, pp. 156–172, May 2001.