

قابلیت تصاویر TM در تشخیص جنگل‌های سوخته (پژوهش موردی: منطقه قوری قلعه در استان کرمانشاه)

حبیب‌اله رحیمی^{۱*}، مهتاب پیرباوقار^۲، محمد احمدی^۳ و محمدرشید امینی^۴

*۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد جنگل‌داری دانشگاه کردستان و کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

پست الکترونیک: hrahimi34@gmail.com

۲- استادیار گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و مرکز پژوهش و توسعه جنگل‌داری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

۳- استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۴- کارشناس ارشد جنگل‌داری، مدرس گروه جغرافیای دانشکده علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۰۹

چکیده

هر سال به‌طور متوسط حدود ۷۰۰ هکتار از عرصه‌های جنگلی استان کرمانشاه دستخوش آتش‌سوزی شده و از بین می‌رود. گستردگی و توزیع آتش‌سوزی‌ها، کوهستانی و صعب‌العبور بودن غالب مناطق جنگلی زاگرس توانایی مدیران را برای دستیابی به اطلاعات کمی قابل اعتماد در مورد اندازه قطعات سوخته‌شده، سطح خسارت و همچنین ارائه آمار و اطلاعات منطبق بر واقعیت با مشکل مواجه کرده است. بهره‌گیری از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مناسب، می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره شرایط پیش و پس از آتش‌سوزی عرصه‌های جنگلی فراهم کند. این پژوهش با هدف آگاهی از قابلیت داده‌های سنجنده TM ماهواره LANDSAT در تهیه نقشه جنگل‌های سوخته منطقه قوری قلعه در استان کرمانشاه اجرا شد. پس از تهیه تصاویر موردنیاز منطقه، با بهره‌گیری از اصول و مبانی سنجش از دور، انجام پردازش‌های لازم (تجزیه مؤلفه‌ها، نسبت‌گیری طیفی، تفکیک‌پذیری طبقات) با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و اعمال الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد باند چهار سنجنده TM و ترکیب باندهای سه، چهار و هفت به‌همراه مؤلفه‌های اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی باندهای یک تا سه و چهار تا هفت، به‌ترتیب با صحت کلی ۹۰ و ۹۲/۷۵ درصد و ضریب کاپای ۰/۸ و ۰/۸۶ از قابلیت و کارایی مناسبی در تشخیص و تمایز جنگل‌های سوخته‌شده در این مناطق برخوردار هستند.

واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی جنگل، تصاویر TM، جنگل‌های سوخته، سنجش از دور، زاگرس.

مقدمه

آتش‌سوزی از مهمترین چالش‌های مدیریتی و یکی از اجتناب‌ناپذیرترین منابع تهدید جنگل‌هاست (Sivaram & Rajasekarn, 2011). هر سال به‌طور متوسط یک درصد از جنگل‌های دنیا به‌صورت قابل‌توجهی

تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار می‌گیرند (Anonymous, 2010a). طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ به‌طور متوسط ۶۴۶۶ هکتار از جنگل‌های ایران تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار داشته است (Anonymous, 2010b). در این راستا، استان کرمانشاه در دامنه سلسله جبال زاگرس با بهره‌مندی

تحقیقات خود تجزیه مؤلفه‌های اصلی قبل و بعد داده‌های ETM+ ماهواره LANDSAT را برای افزایش سیگنال‌های طیفی اراضی سوخته‌شده مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند بهبود جداسازی طیفی سطوح آتش‌گرفته در باندهای طیفی به‌ویژه در باندهای چهار و هفت مشهود است. علاوه‌براین در مناطقی که تقریباً ترکیب مشخصی از پدیده‌های طیفی را دارا هستند، باندهای دو و پنج نیز چنین مشخصه‌ای دارند (Koutsias et al., 2009). Hudak و Brockett (۲۰۱۰) نیز در تحقیق خود در ارتباط با تهیه نقشه از مکان‌های آتش‌سوزی در ساواناهای جنوب آفریقا با استفاده از داده‌های LANDSAT، دریافتند که ویژگی‌های مکانی، زمانی و طیفی داده‌های ثبت‌شده LANDSAT برای تشخیص آتش‌سوزی مناسب می‌باشند.

در پژوهشی، روشی برای استخراج نواحی آتش‌گرفته از تصاویر TM و ETM+ با استفاده از تجمیع شاخص‌های طیفی (NDVI- SAVI-EVI- NBR-MIRBI) و الگوریتم نواحی رشدیافته، با هدف توسعه الگوریتم نیمه‌اتوماتیک برای تولید نقشه مناطق آتش‌گرفته از تصاویر با وضوح متوسط (۳۰ متر) مورد آزمایش قرار گرفت (Stroppiana et al., 2012). در پژوهش یادشده رهیافتی چندمعیاره براساس شاخص‌های طیفی، تکنیک‌های محاسباتی و الگوریتم ناحیه رشد ارائه شد. از نظر تئوری این رویکرد براساس همگرایی و تجمیع شواهد جزئی شاخص‌های طیفی از سوختن نواحی آتش‌گرفته استوار است. این پژوهش روی یک‌سری تصاویر TM برای سال ۲۰۰۳ در جنوب اروپا انجام شد. روش بکاررفته نشان داد که حساسیت و دقت نقشه‌های مناطق سوخته، به تجمع مختلف شاخص‌ها و آستانه‌های تعریف‌شده قابل‌ملاحظه است. همچنین توانایی شاخص‌های NBR و NDVI برای ارزیابی شدت آتش‌سوزی در تصاویر TM و ETM+ مورد ارزیابی قرار گرفته است (Escuin et al., 2008). به‌این‌منظور سه منطقه آتش‌سوزی در جنوب استرالیا مورد مطالعه قرار گرفت. در مرحله اول جابجایی پیکسل‌های سوخته و نسوخته در فضای طیفی باند مادون قرمز نزدیک و متوسط و باند مادون قرمز نزدیک و قرمز،

از حدود ۵۰۰ هزار هکتار عرصه جنگلی، هر ساله شاهد آتش‌سوزی‌های متعددی (در سطوح و موقعیت‌های مختلف) در پهنه عرصه‌های طبیعی و جنگلی خود می‌باشد. براساس اطلاعات گردآوری‌شده از اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه، طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ حدود ۱۶۰۰۰ هکتار از عرصه‌های طبیعی این استان طی ۸۸۴ فقره آتش‌سوزی دستخوش حریق شده است (Anonymous, 2012). گستردگی و توزیع آتش‌سوزی توانایی مدیران را برای اعمال مدیریت و بهره‌گیری از اطلاعات بروز و صحیح مشکل می‌سازد (Weber et al., 2007). سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای مناسب قادر هستند اطلاعات مفیدی را درباره شرایط پیش، پس و در حین آتش‌سوزی عرصه‌های جنگلی برای ما فراهم کنند (Roy et al., 1999). در دهه‌های اخیر، تصاویر سنجنده‌های مختلف ماهواره LANDSAT به‌آسانی برای دوره‌های مختلف در دسترس بوده و در صورتی‌که از قابلیت مناسبی در تشخیص مناطق جنگلی سوخته‌شده برخوردار باشند، به راحتی می‌توانند در تعیین سطوح آتش‌سوزی‌های مناطق مختلف مؤثر باشند و اطلاعات دقیقی را در اختیار قرار دهند. در این راستا، Pereira و Setzer (۱۹۹۳) ویژگی‌های طیفی مناطق آتش‌سوزی‌شده را به‌کمک تصاویر سنجنده TM ماهواره LANDSAT5 در آمازون مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها از طریق محاسبه اختلاف انعکاس‌های طیفی پدیده‌ها در باندهای مختلف نشان داد که باند چهار این سنجنده بهترین باند برای شناسایی مناطق آتش‌سوزی بود، به طوری‌که در این باند اختلاف‌ها (انعکاس طیفی) حدود دو برابر دیگر باندها بود. Kushla و Ripple (۱۹۹۸) داده‌های تصاویر TM ماهواره LANDSAT را برای نقشه‌برداری بقای جنگل پس از آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر یک‌زمانه و چندزمانه مورد ارزیابی قرار دادند. در این پژوهش همبستگی تغییرات باندهای TM برای برآورد بقای جنگل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد نسبت باند چهار به پنج تصاویر یک‌زمانه، ۷۳٪ تغییرات تاج‌پوشش بعد از آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. همچنین محققان در

مناطق صخره‌ای، کوهستانی و مرتفع رشته‌کوه شاهو متغیر است (شکل ۱).

براساس اطلاعات آب‌وهوایی ۱۰ ساله دو ایستگاه هواشناسی روانسر و جوانرود (در فاصله ۲۰ تا ۲۵ کیلومتری منطقه مورد مطالعه) میانگین بارندگی سالانه منطقه ۵۲۱ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد است (Anonymous, 2013). پوشش گیاهی منطقه جنگل شاخه‌زاد با ترکیب گونه غالب برودار (*Quercus brantii* Lindl.) است که به همراه زالزالک وحشی (*Crataegus* spp.)، گلابی وحشی (*Pyrus* spp.) و گونه‌های درختچه‌ای شامل آلبالوی وحشی (*Cerasus* spp.) و شن (*Lonicera* spp.) ترکیب پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند (Anonymous, 2010).

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش با توجه به تاریخ آتش‌سوزی مورد نظر (۱۳۸۹/۴/۲۱ برابر با ۱۲ جولای ۲۰۱۰ میلادی)، تصاویر دو مقطع زمانی سنجنده TM ماهواره LANDSAT5 (گذر ۱۶۷، ردیف ۳۶) شامل تصویر پیش از آتش‌سوزی مربوط به تاریخ ۱۱ جولای سال ۲۰۱۰ میلادی برابر با ۲۰ تیر سال ۱۳۸۹ شمسی و تصویر پس از آتش‌سوزی مربوط به تاریخ ۲۷ جولای سال ۲۰۱۰ میلادی برابر با ۵ مرداد سال ۱۳۸۹ شمسی از طریق سفارش به سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) و همچنین نقشه (3D) رقومی منطقه (DEM) به شماره 53594NW (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) فراهم شد.

باندها و ترکیب‌های باندهای مورد استفاده

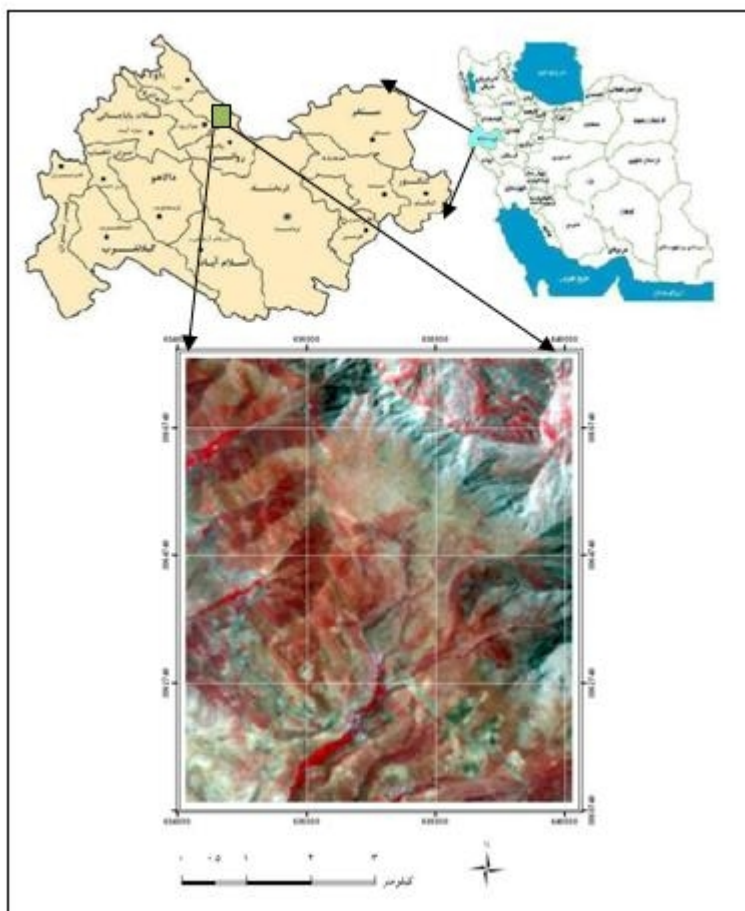
با توجه به بررسی خصوصیات طیفی باندهای سنجنده TM ماهواره لندست و مرور منابع و همچنین نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و نسبت‌گیری بین باندهای طیف مادون قرمز (شاخص‌ها)، چندین ترکیب باندهای تهیه و کارایی آنها در کنار ترکیب شش باند اصلی سنجنده (۱۲۳۴۵۷) در ارتباط با تشکیل مناطق جنگلی سوخته‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱).

پیش و پس از آتش‌سوزی، با هدف تشخیص و تعیین شاخص حساس به شدت سوختگی، تجزیه و تحلیل شدند. سپس ظرفیت دو شاخص در تصاویر یک‌زمانه و چندزمانه، قبل و بعد از آتش‌سوزی برای تعیین سطح شدت سوختگی مطالعه شدند. براساس نتایج، مناسب‌ترین روش برای شدت آتش‌سوزی تقسیم‌بندی شاخص به سوخته و نسوخته، براساس اختلاف مقادیر NBR، پیش و پس از آتش‌سوزی انتخاب شد. در نهایت برای شناسایی یا تشخیص پیکسل‌های با شدت سوختگی زیاد و متوسط، براساس مقادیر NBR بعد از آتش‌سوزی عمل شد. براساس بررسی منابع موجود، تحقیقات فراوانی در خصوص تهیه نقشه از مناطق جنگلی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در غالب اکوسیستم‌ها و مناطق رویشی دنیا انجام شده است. در این ارتباط ویژگی‌های ساختاری، رویشی و اکوسیستمی متفاوت جنگل‌های بلوط زاگرس ایجاب می‌کند، بررسی قابلیت سنجنده‌های متعدد ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی، زمانی و طیفی متفاوت و از جمله تصاویر سنجنده TM ماهواره LANDSAT (از نظر دسترسی آسان) در ارتباط با تشخیص و تهیه نقشه آتش‌سوزی در این مناطق به‌انجام رسد. بنابراین پژوهش پیش‌رو با هدف بررسی توان داده‌های سنجنده TM و همچنین دستیابی به آمار و اطلاعات صحیح از پدیده آتش‌سوزی در راستای مدیریت مؤثر عرصه‌های جنگلی منطقه مورد مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحت حدود ۴۱۷۵ هکتار در حدود ۸۵ کیلومتری شمال‌غربی شهر کرمانشاه در محدوده جنگل‌های شهرستان روانسر و در دامنه جنوبی رشته‌کوه شاهو (منطقه قوری‌قلعه) واقع شده است. محدوده جغرافیایی منطقه در عرض جغرافیایی ۳۴°۵۲'۵۱" تا ۳۴°۵۶'۳۷" شمالی و طول جغرافیایی ۴۶°۲۸'۶" تا ۴۶°۳۲'۳" شرقی می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا از حدود ۱۶۰۰ تا ۲۱۰۰ متر در قسمت‌های جنگلی و ۳۰۰۰ متر در



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، استان کرمانشاه و تصویر رنگی (۴۳۲) منطقه

جدول ۱ - باندها و ترکیب‌های باندهای تهیه شده و مورد استفاده در تفکیک و تمایز منطقه جنگلی سوخته شده

باندها و ترکیب‌های باندها

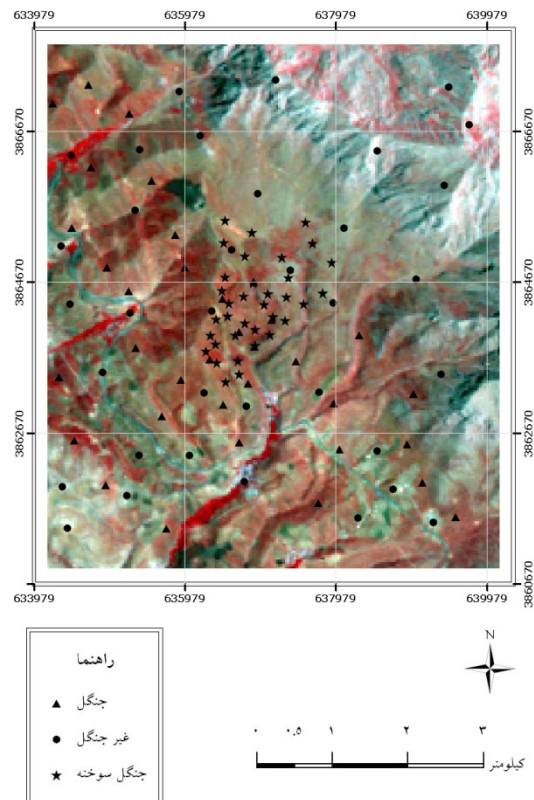
B437.M2.M1	B4	NBR	B4.NDVI	B4.NBR	B4.NDVI.NBR
B457	B432	B123457			

روش پژوهش

تهیه نقشه واقعیت‌زمینی

ارزیابی صحت طبقه‌بندی و برآورد دقت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی، مستلزم تهیه نقشه واقعیت‌زمینی محدوده مورد مطالعه و تطبیق نتایج به دست آمده با این نقشه می‌باشد. در این ارتباط با مراجعه به منطقه و بررسی دقیق

محل از نقطه نظر آثار و بقایای باقیمانده از آتش‌سوزی، سه طبقه جنگل سوخته، جنگل و مناطق غیرجنگلی تفکیک و از هر طبقه، مختصات ۳۵ نقطه به صورت تصادفی نامنظم برداشت و در ادامه نقشه کلی واقعیت‌زمینی منطقه تهیه شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه موقعیت نقاط نمونه‌ای واقعیت زمینی محدوده آتش‌سوزی و طبقات جنگل و غیرجنگل

موجود در نقشه توپوگرافی رقومی (به‌عنوان نقشه مبنا) مورد تطبیق قرار گرفت و در این رابطه همخوانی و تطابق خوب این لایه‌ها و همچنین انطباق کلی تصاویر و نقشه رقومی منطقه، حاکی از عدم نیاز به تصحیح هندسی تصاویر بود. پس از بررسی خطاهای هندسی و رادیومتریکی، تصاویر موردنظر از نظر تأثیر اتمسفر، مورد بررسی و کنکاش قرار گرفتند. پراکندگی نور توسط ذرات معلق در اتمسفر باعث تاری تصاویر سنجش از دور در باندهای طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌شود. این اثر ماتی و کدری را می‌توان توسط تابع PSF (Point spread function) توضیح داد و برطرف کرد (Liew, 1997). در این رابطه، تصاویر دریافتی از نظر وجود ابر و تیرگی و کدری هوا (Haze) به‌دقت مورد بررسی قرار گرفتند. درارتباط با وجود ابر، خوشبختانه مشکل و مسئله خاصی در تصاویر مشاهده نشد، اما از نظر تأثیر مواد و ذرات معلق در اتمسفر و درارتباط با

بررسی خطاهای هندسی، رادیومتری و اتمسفری تصاویر تصحیح هندسی، رادیومتری و اتمسفری تصاویر ماهواره‌ای، فرآیندی ضروری قبل از استفاده از این داده‌هاست. بر این اساس به‌منظور بررسی وجود خطاهای رادیومتری شامل خطای راه‌شدگی (Striping & Banding)، خطای زیرهم قرار نگرفتن دسته‌های خطوط اسکن و همچنین خطای خطوط اسکن دوبله و وجود پیکسل‌های مزاحم، تصاویر در اندازه یک فریم کامل به‌شکل تک‌باند و ترکیب‌های رنگی در روی صفحه نمایش کامپیوتر مورد بررسی قرار گرفتند و هیچ‌کدام از موارد مذکور مشاهده نشد.

درارتباط با صحت هندسی تصاویر، ابتدا میزان انطباق کلی تصاویر با نقشه توپوگرافی رقومی سه‌بعدی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به‌صورت مشخص تمامی باندهای موردنیاز با لایه جاده

جنگل سوخته‌شده تهیه و استخراج شد.

نتایج

تفکیک‌پذیری طبقات پوششی منطقه مورد مطالعه

نتایج تفکیک‌پذیری پدیده‌های موردنظر شامل طبقه جنگل سوخته، جنگل و غیرجنگل با استفاده از شاخص تفکیک‌پذیری دایورژنس تبدیل نشان داد طبقه جنگل سوخته با دو طبقه دیگر با مقدار ۲۰۰۰ دارای بیشترین میزان تفکیک‌پذیری و طبقه جنگل و غیرجنگل هم با مقدار ۱۹۷۷ از تفکیک‌پذیری خوبی برخوردارند (جدول ۲). مقادیر شاخص تفکیک‌پذیری دایورژنس تبدیل بین صفر تا ۲۰۰۰ تعریف شده و در این محدوده عدد صفر بیانگر کمترین میزان تفکیک‌پذیری و بیشترین تداخل طیفی و عدد ۲۰۰۰ بیانگر بیشترین میزان تفکیک‌پذیری و کمترین تداخل طیفی است.

جدول ۲- تفکیک‌پذیری طبقات با استفاده از شاخص دایورژنس

تبدیل

تبدیل	جنگل سوخته	جنگل	غیر جنگل
جنگل سوخته	-	۲۰۰۰	۲۰۰۰
جنگل	-	-	۱۹۷۷

ارزیابی صحت ترکیب‌های بانندی در دو طبقه جنگل و غیرجنگل

نتایج این مرحله نشان داد طبقه‌بندی انجام‌شده با ترکیب بانندی B437, M1, M2 از بیشترین صحت کلی (۸۱/۴۳٪) و ضریب کاپا (۰/۶۳) برخوردار است و براین اساس، ترکیب مذکور مبنای تهیه نقشه مناطق جنگلی قرار گرفت (جدول ۳).

ارزیابی صحت ترکیب‌های بانندی در دو طبقه جنگل سوخته و غیرسوخته

باتوجه به هدف اصلی مطالعه (تشخیص جنگل‌های سوخته از سایر پدیده‌ها) پس از تفکیک مناطق جنگلی،

حذف یا به‌حداقل‌رساندن تأثیر این مواد، تصاویر موردنظر در دو مقطع زمانی پیش و پس از آتش‌سوزی، با استفاده از روش PSF Kernel مورد تصحیح اتمسفری قرار گرفتند. این روش با فیلترکردن تأثیر ذرات معلق در جو و پراکندگی نوری ناشی از وجود این مواد، تصاویر روشن و شفاف با وضوح مناسبی را در اختیار قرار می‌دهد.

پردازش تصاویر و استخراج اطلاعات

داده‌های ماهواره‌ای به‌صورت رقومی هستند و این مزیت، امکان پردازش و اعمال تغییرات لازم را بر روی آنها فراهم می‌کند. در این تحقیق ابتدا به‌منظور آگاهی کلی از عملکرد و وضعیت انعکاس طیفی باندهای مورداستفاده، میانگین انعکاس طیفی و میزان تفکیک‌پذیری پدیده‌های موردنظر (مناطق جنگلی، مناطق جنگلی سوخته‌شده و مناطق غیرجنگلی) در ارتباط با باندهای اصلی (۱،۲،۳،۴،۵،۷) سنجنده TM با استفاده از شاخص تفکیک‌پذیری دایورژنس تبدیل، مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه به‌منظور دستیابی به باندهای مؤثر و دارای بیشترین اطلاعات، تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی باندهای اصلی سنجنده اعمال شد. به‌این‌منظور، تحلیل PCA یکبار بر روی ۳ باند طیف مرئی (B123) و یکبار بر روی باندهای طیف مادون قرمز (B457) سنجنده اعمال و مؤلفه‌های اول هر کدام (M1, M2) به‌صورت دو باند مصنوعی، مورد استفاده قرار گرفت.

در ادامه، در کنار باندهای اصلی سنجنده، از طریق نسبت‌گیری بین بانندی، دو شاخص مهم NDVI (Normalized difference vegetation index) و NBR (Normalized burn ratio) به‌ترتیب از نسبت بین باندهای سه و چهار (TM4-TM3/TM4+TM3) و چهار و هفت (TM4-TM7/TM4+TM7) تهیه و توان این شاخص‌ها نیز در تفکیک اراضی جنگلی سوخته‌شده، مورد بررسی قرار گرفت. فرآیند طبقه‌بندی باندها و ترکیب‌های بانندی تهیه‌شده، بر مبنای الگوریتم حداکثر احتمال، اعمال و سپس ارزیابی صحت نتایج به‌دست‌آمده به‌روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و براساس نقشه واقعیت زمینی انجام و درنهایت، نقشه عرصه

که بیشترین صحت کلی (۹۲/۷۵٪) و مقدار کاپا (۰/۸۶) را به خود اختصاص داد، مبنای تهیه نقشه عرصه آتش‌سوزی و در نهایت تفکیک مناطق جنگلی سوخته‌شده قرار گرفت (جدول ۴).

ارزیابی صحت طبقه‌بندی تفکیک جنگل سوخته از سایر مناطق نیز انجام شد. نتایج این مرحله نشان داد تمام ترکیب‌های باندى، از صحت کلی و ضریب کاپای زیادی برخوردارند و اختلاف قابل‌توجهی با یکدیگر ندارند. براین اساس، طبقه‌بندی انجام‌شده با ترکیب باندى B437, M1, M2

جدول ۳ - نتایج ارزیابی صحت ترکیب‌های باندى مختلف در دو طبقه جنگل و غیر جنگل

طبقات پوششی ترکیب باندى	جنگل		غیر جنگل		ضریب کاپا
	صحت کاربر (درصد)	صحت تولیدکننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)	صحت تولیدکننده (درصد)	
B123457	۸۸	۶۲/۸۶	۷۱/۱۱	۹۱/۴۳	۰/۵۴
B437.M1.M2	۸۶/۶۷	۷۴/۲۹	۷۷/۵	۸۸/۵۷	۰/۶۳
B457	۸۲/۱۴	۶۵/۷۱	۷۱/۴۳	۸۵/۷۱	۰/۵۱
B432	۷۹/۳۱	۶۵/۷۱	۷۰/۷۳	۸۲/۸۶	۰/۴۹
B451	۷۸/۱۳	۷۱/۴۳	۷۳/۶۸	۸۰	۰/۵۱

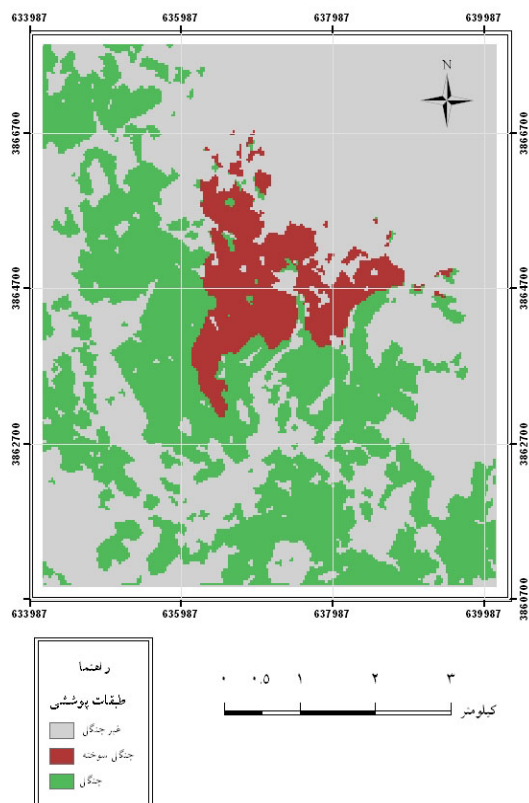
جدول ۴ - نتایج ارزیابی صحت باند و ترکیب‌های باندى مختلف در دو طبقه جنگل سوخته و غیر سوخته

طبقات پوششی ترکیب باندى	جنگل سوخته		غیر سوخته		ضریب کاپا
	صحت کاربر (درصد)	صحت تولیدکننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)	صحت تولیدکننده (درصد)	
B123457	۹۶/۶۷	۸۵/۲۹	۸۷/۱۸	۹۷/۱۴	۰/۸۳
B437.M1.M2	۹۶/۷۷	۸۸/۲۴	۸۹/۴۷	۹۷/۱۴	۰/۸۶
B4 (TM4)	۱۰۰	۸۰	۸۵/۳۷	۱۰۰	۰/۸
NBR	۹۶/۵۵	۸۰	۸۵	۹۷/۱۴	۰/۷۱
NDVI.B4	۱۰۰	۷۹/۴۱	۸۳/۳۳	۱۰۰	۰/۸
NBR.B4	۱۰۰	۸۰/۷۷	۸۷/۵	۱۰۰	۰/۸۳
NBR.NDVI.B4	۱۰۰	۷۰/۵۹	۷۷/۷۸	۱۰۰	۰/۷۱
B457	۹۶/۱۵	۷۳/۵۳	۷۹/۰۷	۹۷/۱۴	۰/۷۱
B432	۱۰۰	۸۲/۳۵	۸۵/۳۷	۱۰۰	۰/۸۳
B451	۹۲/۸۶	۷۸/۷۹	۸۲/۹۳	۹۷/۱۴	۰/۷۴

به‌دست آمده از طبقه‌بندی ترکیب‌های باندى موردنظر تهیه شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد آتش‌سوزی سطحی معادل ۵۱۵ هکتار را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۳).

تهیه نقشه عرصه آتش‌سوزی
تهیه نقشه عرصه آتش‌سوزی و مشخص کردن سطح مؤثر
حریق، یکی از اهداف تحقیق بود که با توجه به نتایج

شد. براساس نتایج، از کل محدوده دچار آتش‌سوزی شده (۵۱۵ هکتار)، مقدار ۳۳۵ هکتار عرصه جنگلی و دارای پوشش درختی، در معرض آتش‌سوزی قرار گرفته است (شکل ۴).



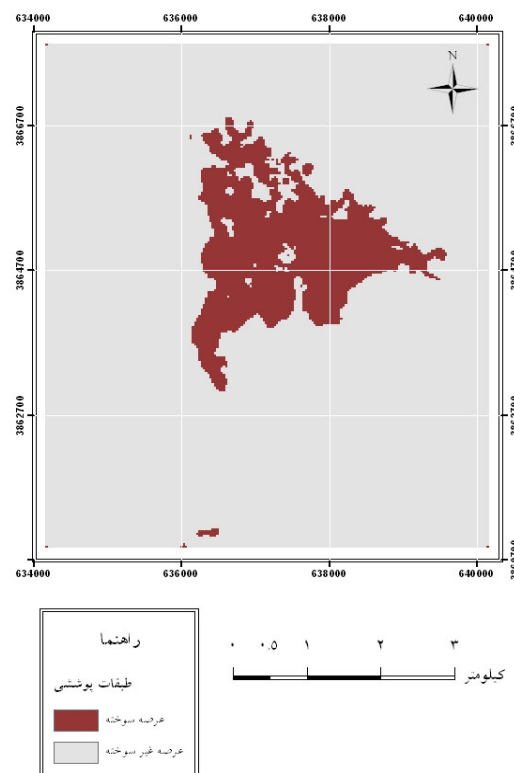
شکل ۴- نقشه منطقه جنگلی سوخته شده و موقعیت آن در محدوده مورد مطالعه

بودن داده‌های ماهواره لندست و سنجنده TM، می‌تواند به بسیاری از این مناطق تعمیم داده شده و در دستیابی به آمار و اطلاعات صحیح از آتش‌سوزی‌های منطقه، مورد استفاده قرار گیرد.

درارتباط با نتایج به دست آمده، ابتدا بررسی کیفیت هندسی و رادیومتری تصاویر مورد استفاده نشان داد، تصحیح سیستمی (Level 1 terrain corrected) انجام شده از سوی تولیدکننده داده‌ها که در سطح یک تصحیح و ارتو شده، می‌تواند پاسخگوی انجام یک بررسی قابل قبول باشد و نیازی به ارتو ندارند. بررسی کلی وضعیت تفکیک پذیری

تهیه نقشه جنگل سوخته

پس از تهیه نقشه عرصه جنگل و همچنین نقشه کلی عرصه آتش‌سوزی، با تلفیق نقشه‌های به دست آمده، نقشه عرصه جنگلی سوخته شده و در معرض آتش‌سوزی نیز تهیه



شکل ۳- نقشه کلی عرصه آتش‌سوزی و محدوده دچار حریق شده

بحث

بهره‌گیری از دانش سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در مدیریت آگاهانه منابع طبیعی و پیرو آن بررسی چالش‌های این حوزه، به صورت گسترده‌ای در حال توسعه است. آتش‌سوزی به عنوان یکی از چالش‌ها و عوامل مهم تهدیدکننده بقا و پایداری جنگل‌های زاگرس، هر ساله در منطقه اتفاق افتاده و متأسفانه آمار و اطلاعات درستی از این مناطق در دسترس نیست. نتایج به دست آمده از آتش‌سوزی مورد مطالعه در این تحقیق با توجه به مشابهت‌های زیاد اکولوژیکی مناطق جنگلی زاگرس و همچنین سهل‌الوصول

چندین ترکیب باندی تهیه و در کنار ترکیب شش باند اصلی سنجنده در دو قسمت تفکیک جنگل و غیرجنگل و همچنین تفکیک عرصه سوخته شده و سوخته نشده به آزمایش گذاشته شد. نتایج این مراحل، مؤثر بودن نتایج تجزیه مؤلفه‌ها در انتخاب ترکیب باندی مؤثر و رسیدن به درجه مناسبی از صحت کلی در طبقه‌بندی را نشان داد. در این راستا ترکیب باندهای چهار، سه و هفت به همراه مؤلفه‌های اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی، بیشترین میزان صحت کلی (۹۲/۷۵٪) و ضریب کاپا (۰/۸۵) را در هر دو مرحله به همراه داشت. همچنین در ارتباط با این ترکیب باندی، می‌توان به نتایج صحت کاربر و صحت تولیدکننده (در تفکیک مناطق سوخته) که برخلاف سایر باندها و ترکیب‌های باندی استفاده شده، ضمن داشتن مقادیر بالا، کمترین فاصله را با همدیگر دارا بودند، توجه نمود.

در ارتباط با تفکیک اراضی سوخته از غیرسوخته، اکثر ترکیب‌های باندی از صحت کلی و ضریب کاپای قابل توجهی در تفکیک عرصه‌های جنگلی سوخته شده برخوردار بودند. در این رابطه، توان شاخص NBR با ضریب کاپای ۰/۷۷ و صحت کلی ۸۸/۶ درصد و همچنین باند چهار سنجنده TM ماهواره LANDSAT با ضریب کاپای ۰/۸ و صحت کلی ۹۰ درصد قابل توجه است. نتایج به دست آمده از تهیه نقشه عرصه آتش‌سوزی و همچنین جنگل سوخته شده در این تحقیق بر ادعای اختلاف اطلاعات منتشر شده از آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده با واقعیت موجود در منطقه و نیز اطلاعات به دست آمده از طریق سنجش از دور، تأیید می‌گردد. براساس اطلاعات اخذ شده از اداره منابع طبیعی شهرستان، کل سطح حریق، ۱۲۰ هکتار اعلام شده است که در این مطالعه، براساس نتایج (حاصل فرآیند مشخص سنجش از دور و عملیات میدانی تهیه نقشه واقعیت زمینی) سطح کلی عرصه آتش‌سوزی، ۵۱۵ هکتار به دست آمد که از این میزان، ۳۳۵ هکتار آن مربوط به پوشش جنگلی است. همچنین براساس اطلاعات و نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌توان به خوبی شکل کلی عرصه حریق و دامنه انتشار آتش‌سوزی را تشخیص داده و در برنامه‌ریزی و

طبقه‌ها و پدیده‌های عمده موجود در منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص تفکیک‌پذیری دایورژنس تبدیل، از نظر انعکاس طیفی و تداخل طیفی پدیده‌های مورد نظر در باندهای سنجنده TM، توانست دورنمای تفکیک‌پذیری و قابلیت باندها را در تمایز عرصه‌های جنگلی سوخته شده از سایر موارد مشخص کند. در این میان طبقه جنگل سوخته با دو پدیده دیگر با عدد ۲۰۰۰ دارای کمترین میزان تداخل طیفی و بیشترین میزان تفکیک‌پذیری بود و این نتیجه می‌تواند با توجه به نتایج Richards و Jia (۲۰۰۵) تأییدی بر صحت نتایج به دست آمده باشد. در همین راستا، مقایسه انعکاس طیفی پدیده‌ها در باندهای اصلی سنجنده TM نشان داد باند چهار به طور مؤثر به همراه باندهای سه، پنج و هفت از توان خوبی در تفکیک و تمایز پدیده‌های عمده در منطقه مورد بررسی (جنگل، جنگل سوخته شده و سایر پدیده‌ها) برخوردار هستند. در این ارتباط، تحقیق Pereira و Setzer (۱۹۹۳) در خصوص ویژگی‌های طیفی مناطق دچار حریق شده در آمازون به کمک تصاویر TM و تحقیق Koutsias و همکاران (۲۰۰۹) این نتایج را تا حدود زیادی تأیید و بر بهبود جداسازی طیفی سطوح آتش‌گرفته در این باند (TM4) تأکید می‌کنند. همچنین تحقیق Kushla و Ripple (۱۹۹۸) در خصوص تهیه نقشه زنده‌مانی جنگل پس از آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر TM نیز بر مؤثر بودن باند چهار در تشخیص تغییرات پس از آتش‌سوزی تأکید می‌نماید. در همین ارتباط، Hudak و Brockett (۲۰۱۰) نیز در تحقیق خود به طور کلی مناسب بودن ویژگی‌های مکانی، زمانی و طیفی داده‌های ماهواره LANDSAT را در تشخیص آتش‌سوزی مورد تأیید قرار دادند.

پس از انتخاب باند مناسب، تهیه ترکیب باندی مناسب نیز می‌تواند تأثیر قابل توجهی در صحت طبقه‌بندی و نتایج به دست آمده و در نتیجه دستیابی به اطلاعات صحیح داشته باشد. در این زمینه با بهره‌گیری از نتایج تفکیک‌پذیری طبقه‌های مورد مطالعه، تجزیه مؤلفه‌ها، تفسیر چشمی و همچنین بررسی نتایج پژوهش‌های انجام شده در این زمینه،

- Remote Sensing, 25(16): 3231-3243.
- Weber, K.T., Seefeldt, S.S. and Moffet, C. 2007. Fire severity model accuracy using short-term, rapid assessment versus long-term, anniversary date assessment. *GIS Science and Remote Sensing*, 46: 24-38.
 - Koutsias, N., Mallinis, G. and Karteris, M. 2009. A forward/backward principal component analysis of Landsat-7 ETMC data to enhance the spectral signal of burnt surfaces. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64: 37- 46.
 - Kushla, J.D. and Ripple, W.J. 1998. Assessing wildfire effects with Landsat thematic mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 19(13): 2493-2507.
 - Liew, C.S. 1997. Effects of atmospheric aerosol models on the single scattering point spread function in optical remote sensing. *Remote Sensing, A Scientific Vision for Sustainable Development. IEEE International*, (4): 1914-1916.
 - Pereira, M.C. and Setzer, A.W. 1993. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, 14(11): 2061-2078.
 - Richards, J.A. and Jia, X. 2005. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. 4th Edition, New York: Springer-Verlag, Chapter 10, 453p.
 - Roy, D.P., Giglio, L., Kendall, J.D. and Justice, C.O. 1999. Multitemporal active fire based burn scar detection algorithm. *International Journal of Remote Sensing*, 20: 1031-1038.
 - Sivaram Kumar, M.P. and Rajasekaran, S. 2011. Detection and extinguishing forest fires using wireless sensor and actor networks. *International Journal of Computer Applications*, 24(1): 31-35.
 - Stroppiana, D., Bordogna, G., Carrara, P., Boschetti, M., Boschetti, L. and Brivio, P.A. 2012. A method for extracting burned areas from Landsat TM/ETM+ images by soft aggregation of multiple Spectral Indices and a region growing algorithm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 69: 88-102.

بررسی مسائل مربوطه، مورد استفاده قرار داد. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان با توجه به صحت نتایج طبقه‌بندی در تشخیص عرصه‌های جنگلی سوخته‌شده از سایر مناطق، با اعتماد بر توان و قابلیت مناسب تصاویر سنجنده TM ماهواره LANDSAT در تفکیک و تمایز مناطق جنگلی سوخته شده، تأکید کرد. براساس نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های به‌دست‌آمده، نتایج این مطالعه می‌تواند تأییدی بر عملکرد مناسب و توان تفکیک مکانی و طیفی مناسب تصاویر سنجنده TM در تهیه آمار و اطلاعات صحیح و یکپارچه از عرصه‌های آتش‌سوزی و در نتیجه تهیه نقشه مناطق جنگلی سوخته‌شده در محدوده جنگل‌های زاگرس باشد.

References

- Anonymous, 2010. Implementation Studies booklet of Conservation and development plan in Zagros forests. Qoori Qaleh Unit, Administration of Natural Resources at Kermanshah Province, 107p (In Persian).
- Anonymous, 2013. Climatic data of Ravansar and Javanrood stations, Meteorological site of Kermanshah Province.
- Anonymous, 2010. Fire situation in the Islamic Republic of Iran. FAO, International Forest Fire News (IFFN), 28: 88-91.
- Anonymous, 2010. Global forest resources (FRA), Assessment 2010. FAO, Country Report, Iran, 378p.
- Anonymous, 2012. Reports of forest fire of Kermanshah province. Administration of Natural Resources at Kermanshah Province.
- Escuin, S., Navarro, R. and Fernandez, P. 2008. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4): 1053-1073.
- Hudak, A.T. and Brockett, B.H. 2010. Mapping fire scars in a southern African savannah using Landsat imagery. *International Journal of*

Feasibility of Landsat TM imagery for burned area mapping in forests (Case study: Qouri Qaleh area in Kermanshah Province)

H. Rahimi^{*1}, M. Pir Bavaghar², M. Ahmadi³ and M.R. Amini⁴

1*- Corresponding author, M.Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, and Research Expert, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kermanshah Province, Kermanshah, I.R. Iran. E-mail: hrahimi34@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Forestry & Research & Development of Northern Zagros Forests, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

3- Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research Center of Kermanshah Province, Kermanshah, I.R. Iran.

4- M. Sc. Forestry, Lecturer, Department of Geography, Faculty of Humanities Sciences, Razi University, Kermanshah, I.R. Iran.

Received: 12.30.2013

Accepted: 06.18.2014

Abstract

According to the available statistics, the average annual rate of approximately 700 ha of forested areas are subject to severe degradation caused by wildfires in Kermanshah province located in western Iran. However, the heterogeneous spatial distribution of fires is mainly driven by factors such as the occurrence of harsh mountainous areas, which is coupled with the accessibility problems that notably constrain the ability of administrative units to achieve reliable quantitative information e.g. on the size of the burned areas and the level of damages. Satellite imagery provides useful information on various spatiotemporal scales which enable a more realistic assessment of consequences of forest fire. Therefore, this study aims at testing the performance of LANDSAT TM data for burned area mapping across a selected test site in Zagros Mountains. To this aim, the required imagery was obtained for 1389 (2010) over Qoori Qaleh area of Kermanshah Province. A set of digital image processing methods were applied, including band ratioing, principal component analysis and analysis of separability amongst the burned area classes. The resulted dataset was further classified by a supervised Maximum Likelihood approach. The results showed the TM band 4 as well as a composite of bands 3, 4, 7 and the first principal components of bands 1-3 and 4-7 yielded an overall accuracy of 90 and 92.75% and kappa coefficients of 0.8 and 0.86, respectively. Thus the applied dataset is concluded to be appropriate for burned area mapping in such areas.

Key words: Forest fire, TM imagery, burned area, remote sensing, Zagros.