

## دورسنجی مدیریت بقایای گیاهی مزارع با استفاده از تصاویر سنجنده لندست ۸

محمدعلی رستمی<sup>۱\*</sup> - هوشنگ افضل‌لی گروه<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۵

### چکیده

همه‌ساله پس از برداشت محصولات زراعی، بقایای گیاهی بسیاری از مزارع آتش زده می‌شوند. این تحقیق به منظور یافتن یک روش دقیق، سریع و ارزان برای پایش مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده می‌شود انجام شد. در این پژوهش توانایی تصاویر سنجنده لندست ۸ برای تعیین محل و مساحت مزارعی که بقایای گیاهی در آن‌ها آتش زده شده بود با استفاده از چهار شاخص طیفی شامل BAI، NBR، NDVI و NBRT و آنالیز جداسازی طیفی خطی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام پژوهش تعداد ۶۰ مزرعه با ۴ پوشش سطحی شامل گیاه سبز، بقایای گیاهی، خاکستر ناشی از سوزاندن بقایا و مزارع بدون پوشش در نظر گرفته شد. تعیین محل و تخمین مساحت مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده شده بود در تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شاخص‌های طیفی و آنالیز جداسازی طیفی خطی انجام شده و نتایج حاصله با نتایج میدانی مقایسه شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف پوشش سطح خاک بر مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. شاخص BAI به دلیل دقت بالای تفکیک و تخمین مساحت مزارع سوخته، به عنوان شاخص تمایز مزارع سوخته با سایر مزارع انتخاب شد. صحت کلی طبقه‌بندی با شاخص BAI و آنالیز جداسازی طیفی خطی به ترتیب ۹۱/۷ و ۸۸/۳ و ضریب کاپا آن‌ها به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۴ بود.

**واژه‌های کلیدی:** آنالیز جداسازی طیفی خطی، بقایای گیاهی، سنجنده لندست ۸، شاخص‌های طیفی

### مقدمه

گیاهی، در سال‌های اخیر ترویج و آموزش خاک‌ورزی حفاظتی و حفظ بقایای گیاهی در مزرعه و تأمین ماشین‌ها و ابزار مورد نیاز در دستور کار سیاست‌گذاران بخش کشاورزی قرار گرفته است. در این راستا برای کشاورزانی که در مزارع خود خاک‌ورزی حفاظتی را انجام دهند، به‌ازای هر هکتار، یارانه نقدی و یارانه خرید ماشین و برای سوزاندن بقایای گیاهی جرائمی در نظر گرفته شده است. برنامه‌ریزی، نظارت و اجرای قوانین به علت صرف هزینه و زمان زیاد برای دریافت اطلاعات از مزارع، به شیوه مرسوم، باعث پایین آمدن کارآمدی این برنامه‌ها می‌شود. بنابراین لازم است تا با استفاده از فناوری‌های پیشرفته راهکاری دقیق، سریع و ارزان برای پایش مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده می‌شود پیشنهاد شود.

نتایج تحقیقات انجام شده یک همبستگی واضح بین انتشار ذرات ناشی از سوختگی بقایای گیاهی و تنگی نفس حاد و مزمن کودکان و بزرگسالان را به اثبات رسانده است. مطالعات یک گروه تحقیقاتی در سه روستای اصفهان نشان داد که در اثر آتش زدن بقایا، تنگی نفس و اختلالات خواب ناشی از تنگی نفس و سرفه‌زدن در همه گروه‌های سنی، بعد از آتش زدن بقایای گیاهی برنج، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Golshan et al., 2002; Mar et al., 2004).

وجود اقلیم خشک در کشور، عدم تناوب صحیح زراعی، جمع‌آوری، سوزاندن و خارج کردن بقایای گیاهی از زمین زراعی، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و مصرف نکردن کودهای آلی، موجب شده است که میزان مواد آلی در خاک‌های کشور روز به روز کمتر شود. این مسئله باعث کاهش حاصلخیزی خاک و به دنبال آن کاهش عملکرد محصول شده است، بنابراین جهت حفظ خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن، ضرورت دارد ضمن افزودن مواد آلی به خاک، بقایای گیاهی که یکی از منابع تأمین ماده آلی خاک هستند در سطح خاک حفظ شوند. کشاورزان در بسیاری از مناطق کشور به‌جای حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، اقدام به سوزاندن آن می‌کنند. با توجه به مزایای خاک‌ورزی حفاظتی و مضرات ناشی از سوزاندن بقایای

۱ و ۲- به ترتیب استادیار پژوهش و پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

(\*- نویسنده مسئول: Email: marostami1351@gmail.com

DOI: 10.22067/jam.v7i2.50118

پژوهش توانایی داده‌های چند طیفی سنجنده ایکونوس<sup>۴</sup> با تفکیک‌پذیری مکانی<sup>۵</sup> چهار متر برای تمایز قائل شدن بین محصولات گندم، نخود، کلزا، بقایای گیاهی و خاک بررسی شد. داده‌های تصاویر با روش آنالیز جداسازی طیفی خطی استخراج و روابط و نمودارهای مربوطه به کمک زوج داده‌های تصویر و زمین به‌دست آمدند (Bannari *et al.*, 2006).

نتایج یک پژوهش نشان داد که در ایالات متحده آمریکا روش مناسبی برای تخمین سطح نواحی زراعی سوزانده شده وجود ندارد. در این پژوهش برای پایه‌گذاری یک روش مناسب، از قرار دادن داده‌های با قدرت تفکیک‌پذیری بالا و داده‌های سنجنده مودیس<sup>۶</sup> در لایه‌های اطلاعاتی سامانه اطلاعات جغرافیایی و محاسبه شاخص dNBR<sup>۷</sup> استفاده شد. بر اساس این روش، تغییرات بازتاب سطحی، به خاطر سوختگی، با استفاده از شاخص یاد شده پایش شد. برای این کار به کمک داده‌های زمینی یک دستگاه جی‌پی‌اس، که برای تمایز قائل شدن بین مزارع سوخته و نسوخته گردآوری شده بود، یک آستانه تعریف شد. بنابراین پیکسل‌های تصاویر به دو گروه تقسیم شدند، یک گروه که مقدار داده آن‌ها کم‌تر از آستانه سوختگی بود و گروه دوم که داده آن‌ها بیش‌تر یا برابر با آستانه سوختگی یک مزرعه سوخته (شناسایی شده) بود. نتایج این مطالعات نشان داد که با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره‌ای که دارای دوره بازگشت<sup>۸</sup> کوتاه‌مدت بودند، ۹۰ - ۷۸ درصد از نواحی سوخته تعیین موقعیت شد (McCarty *et al.*, 2009).

در طبیعت به‌ندرت سطوحی یافت می‌شوند که به‌طور یکنواخت از یک ماده خالص تشکیل شده باشند. مخلوط طیفی زمانی که موادی با خصوصیات طیفی متفاوت در یک پیکسل از یک تصویر جای می‌گیرند به‌وجود می‌آید. در بررسی‌های انجام شده مشخص شد که محدوده طیفی یک پیکسل؛ با رفتار خطی، ترکیبی از طیف خالص هریک از مواد سازنده آن پیکسل است و ارزش هر طیف در پیکسل را درصد وجود آن طیف در پیکسل تعیین می‌کند. این مدل ساده را می‌توان به سه روش فیزیکی، ریاضی و هندسی فرموله کرد (Singer and McCord, 1979).

نتایج یک پژوهش نشان داد که آنالیز جداسازی طیفی خطی برای تعیین میزان پوشش سطحی بقایای گیاهی و تهیه نقشه پوشش بقایا در سطح کمتر از یک پیکسل مناسب است. در این مطالعه از تصاویر سنجنده‌های لندست ۷<sup>۹</sup> و اسپات ۱<sup>۱۰</sup> و روش جداسازی طیفی

نتایج تحقیقات نشان داده است که حفظ بقایای گیاهی در سطح یا نزدیک سطح خاک در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت خاک، جلوگیری از شستشوی ذرات خاک بر اثر ضربات باران، به‌ویژه در اراضی شیب‌دار، افزایش پایداری خاکدانه‌ها، بهبود شرایط ساختمان خاک، کاهش فشردگی و سله بستن خاک، افزایش نفوذپذیری آب در خاک و کاهش فرسایش بادی می‌شود (Godwin, 1990).

نتایج بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی گندم (سوزاندن و باقی‌گذارن بقایا) بر عملکرد ذرت و خصوصیات خاک نشان داد که در میان ۷ تیمار آزمایشی، در تیمار باقی‌گذارن بقایا در سطح خاک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، پروتئین دانه و مواد آلی بیشتری حاصل شد (Najafinezhad *et al.*, 2005).

در یک پژوهش به‌منظور بررسی اثر روش خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر ویژگی‌های خاک و ذرت علوفه‌ای، ۷ تیمار مختلف از مدیریت بقایای گیاهی و روش خاک‌ورزی با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که کمترین مقدار نیتروژن، پتاسیم و فسفر خاک و پروتئین برگ مربوط به تیمار آتش زدن بقایا بوده و سوزاندن بقایا باعث افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک و کاهش ظرفیت زراعی و ظرفیت نگهداری آب در خاک شد (Ghooshchi *et al.*, 2010).

سنجش از دور، علم، فن و هنر کسب اطلاعات در مورد پدیده‌ها از فاصله دور و بدون تماس با آن‌ها می‌باشد. این فناوری ما را به‌خوبی در جایگاهی فراتر از محدودیت‌های انسان قرار می‌دهد. سنجش از دور، جمع‌آوری اطلاعات در مناطقی را فراهم می‌کند که انسان به دلیل هزینه زیاد، بعد مسافت و خطرناک بودن نمی‌تواند به‌طور مستقیم آن‌ها را شناسایی کند (Darvishsefat *et al.*, 2005).

سوزاندن بقایای گیاهی یکی از فعالیت‌های مهم در استفاده از زمین‌های زراعی در آمریکا است. در یک پژوهش امکان استفاده از روش ترکیبی برای تخمین میزان آتش زدن بقایا در آمریکا مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار شاخص طیفی NBR<sup>۱</sup> برای تصاویر مورد استفاده محاسبه شد. نتایج به‌دست آمده همبستگی قوی ( $R^2=0.92$ ) بین داده‌های سنجنده استر<sup>۲</sup> و داده‌های زمینی را نشان داد (McCarty *et al.*, 2007).

نتایج برخی پژوهش‌ها، استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای، برای تمایز قائل شدن بین عوارض مختلف در سطح زمین را ناکافی نشان داده است، زیرا این شاخص‌ها اختلاط طیف‌ها در داخل یک پیکسل را در نظر نمی‌گیرند. برای بهبود نتایج، استفاده از آنالیز جداسازی طیفی خطی<sup>۳</sup> برای بررسی پیکسل‌های مخلوط پیشنهاد شده است. در یک

4- IKONOS  
5- Spatial Resolution  
6- MODIS  
7- Differenced Normalized Burn Ratio (DNBR)  
8- Revisit time  
9- Landsat 7  
10- Spot

1- Normalized Burn Ratio Spectral Index  
2- ASTER  
3- Linear Spectral Unmixing Analysis

خطی استفاده شد (Pacheco and McNairn, 2010).

با توجه به اینکه در کشور ما روشی مبتنی بر استفاده از فناوری سنجش از دور برای پایش مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده می‌شوند وجود ندارد، در این پژوهش توانایی تصاویر سنجنده لندست ۸، به‌منظور معرفی یک روش سریع، دقیق و ارزان برای تعیین محل و مساحت مزارع سوخته، با استفاده از شاخص‌های طیفی و آنالیز جداسازی طیفی خطی مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزارع گندم شهرستان ارزوئیه واقع در ۱۸۰ کیلومتری جنوب کرمان انجام شد (28° 27' 29.07" N, 56° 21' 46.23" E). در این پژوهش از تعداد ۱۰ تصویر سنجنده لندست ۸ استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش در تاریخ‌های ۹۴/۲/۳۱، ۹۴/۳/۱۶، ۹۴/۴/۱، ۹۴/۴/۱۷، ۹۴/۵/۲ و ۹۴/۵/۲ توسط سنجنده لندست ۸ از منطقه برداشت شدند. تصاویر مربوط به زمستان ۹۳ برای استخراج داده‌های مزارع با پوشش سبز و تصاویر مربوط به بهار و تابستان برای استخراج داده‌های مزارع با پوشش بقایا، بدون پوشش و مزارع سوخته استفاده شدند. این تصاویر کلیه مزارع آزمایشی را در بر گرفته و در سه فرمت تک طیفی با قدرت تفکیک زمینی ۱۵ متر، چند طیفی با قدرت تفکیک ۳۰ متر و حرارتی با قدرت تفکیک ۱۰۰ متر که توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا<sup>۱</sup> تصحیحات رادیومتری و هندسی آن انجام شده بود، از وبگاه اینترنتی این سنجنده اخذ شد (USGS, 2015). اطلاعات و نمایی از تصاویر گرفته شده با این سنجنده، ۲ ساعت بعد از برداشت، در وبگاه این سازمان قرار گرفته و با دادن مختصات جغرافیایی منطقه مورد نظر، قابل دستیابی است.

دلیل استفاده از تصاویر این سنجنده، در دسترس بودن تصاویر، بدون پرداخت هزینه، تحت پوشش قرار دادن کل کشور و تفکیک‌پذیری مکانی مناسب آن برای پایش مزارع کشاورزی است. محدوده طیفی تصاویر این سنجنده در جدول ۱ آورده شده است. برای اینکه تصاویر و واقعه آتش زدن مزارع، از نظر زمانی به هم نزدیک باشند، اولین تصویر بعد از آتش زدن مزارع مورد استفاده قرار گرفت.

کنترل زمین، مرجع‌سازی<sup>۲</sup> تصاویر، تبدیل داده‌های دیجیتالی<sup>۳</sup> پیکسل‌ها به بازتاب طیفی<sup>۴</sup>، تولید شاخص‌های طیفی و استخراج داده‌های طیفی در تصاویر مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ENVI نسخه ۵-۱ انجام شد. میزان خطای زمین مرجع‌سازی تصاویر مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از نقاط کنترل زمینی بین ۰/۴ تا

۰/۴۸ پیکسل برآورد شد.

در زمان انجام این پژوهش، مزارع موجود در منطقه مورد مطالعه دارای چهار نوع پوشش سطحی شامل: خاک (مزرعه بدون پوشش)، بقایای گیاهی (بقایای بر جامانده پس از برداشت محصول)، گیاه سبز و خاکستر (بقایای محصول آتش زده شده) بودند. در این پژوهش از دو روش برای تفکیک مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده شده بود، از سایر مزارع استفاده شد که عبارت بودند از:

محاسبه شاخص‌های طیفی ماهواره‌ای

روش آنالیز جداسازی طیفی خطی

برای انجام پژوهش ۱۲ مزرعه که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده شده بود، ۱۲ مزرعه سبز، ۱۲ مزرعه با پوشش بقایای گیاهی و ۱۲ مزرعه بدون پوشش (خاک) در نظر گرفته شد، بنابراین پژوهش با ۱۲ تکرار و چهار نوع پوشش سطحی انجام شد. مساحت مزارع آزمایشی بین ۲/۲ تا ۷/۶ هکتار و رطوبت خاک در مزارع سبز ۱۴-۱۲ درصد و در مزارع با پوشش بقایا، بدون پوشش و مزارع سوخته ۱۰-۸ درصد بود. برای اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، ۱۲ مزرعه سوخته دیگر که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده شده بود در نظر گرفته شد. بنابراین تعداد کل مزارع آزمایشی ۶۰ مزرعه بود. مختصات مکانی مزارع آزمایشی با یک دستگاه جی‌پی‌اس ثبت شد و با استفاده از این مختصات، به کمک نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۱، نقشه مزارع آزمایشی ترسیم و مساحت آن‌ها محاسبه شد. با انطباق نقشه‌ها بر تصاویر ماهواره‌ای محل مزارع آزمایشی در تصاویر ماهواره‌ای تعیین شد.

خاکستر باقی‌مانده از سوختن بقایای گیاهی که رنگ تیره‌ای دارد باعث کاهش معنی‌دار بازتاب انرژی الکترومغناطیسی تأیید شده از خورشید بر سطح این مزارع می‌شود. این پدیده در تصاویر ماهواره‌ای قابل شناسایی است، به همین دلیل در این پژوهش برای تفکیک مزارع سوخته که سطح آن‌ها از خاکستر ناشی از سوختن بقایای گیاهی پوشیده شده بود از چهار شاخص طیفی که در جدول ۲ معرفی شده‌اند استفاده شد. شاخص NDVI برای بررسی وضعیت پوشش سطح خاک در تصاویر ماهواره‌ای در تحقیقات گذشته پیشنهاد شده و سه شاخص دیگر توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا به‌منظور ردیابی مناطق سوخته به کمک تصاویر لندست ۸ معرفی شده‌اند.

## روش استفاده از شاخص‌های طیفی

برای استفاده از این شاخص‌ها ابتدا چهار شاخص مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ENVI در تصاویر لندست ۸ اعمال شده و سپس مقادیر میانگین، انحراف معیار و آستانه شاخص‌ها برای هر یک از مزارع آزمایشی، با چهار نوع پوشش سطحی استخراج شد. با تجزیه واریانس و مقایسه میانگین مقادیر شاخص‌ها در چهار نوع پوشش سطحی مزارع، شاخص مناسب برای تمایز قائل شدن بین مزارع

1- U.S. Geological Survey (USGS)

2- Georeferencing

3- Digital Number (DN)

4- Reflectance

پوشش سطحی به عنوان چهار endmember به نرم افزار معرفی شد. برای انتخاب endmember، پلات‌های خالص که شامل مزرعه بدون بقایا، مزرعه با پوشش کامل بقایا، مزرعه با پوشش گیاه سبز و مزرعه با پوشش خاکستر بر جا مانده از آتش زدن بقایا بودند در مزارع آزمایشی در نظر گرفته شده و مختصات جغرافیایی آن‌ها توسط یک دستگاه GPS ثبت شد. داده بازتاب پیکسل‌های تصویر ماهواره‌ای در برگزیده پلات‌های یاد شده، توسط نرم افزار ENVI استخراج شده و به عنوان endmember در آنالیز جداسازی طیفی خطی مورد استفاده قرار گرفت.

استخراج endmember از خود تصویر باعث می‌شود که آنالیز جداسازی، نسبت به تغییرات محیطی مانند درصد رطوبت خاک و بقایا حساسیت نداشته باشد و خلوص طیفی endmember باید بالای ۹۰ درصد باشد (Pacheco and McNairn, 2010).

سوخته و سایر مزارع تعیین شد. شاخصی که میانگین مقادیر آن در مزارع سوخته با سایر مزارع اختلاف معنی دار داشته و مقادیر آستانه آن با مقادیر آستانه سایر شاخص‌ها همپوشانی نداشته به عنوان شاخص تمایز مزارع سوخته، از سایر مزارع انتخاب شد. در ادامه، مزارعی که بقایای گیاهی در آن‌ها آتش زده شده بود، توسط مقادیر آستانه شاخص انتخاب شده، تفکیک گردیده (McCarty *et al.*, 2007) و محل مزارع سوخته و مساحت آن‌ها تعیین شد.

### روش آنالیز جداسازی طیفی خطی

آنالیز جداسازی طیفی خطی قادر است، در یک تصویر ماهواره‌ای، درصد سطحی هر یک از عوارض موجود در یک پیکسل از تصویر را با دقت خوبی تعیین نماید. برای این کار باید طیف‌های خالص از عوارض موجود در یک پیکسل یا یک منطقه مورد مطالعه در تصویر به نرم‌افزار معرفی شود. در این پژوهش طیف‌های خالص ۴ نوع

جدول ۱- محدوده طیفی باندهای تصاویر لندست ۸ (USGS, 2015)

Table 1- Landsat 8 imagery bandwidth (USGS, 2015)

شماره باند	پهنای باند (میکرومتر)	تفکیک پذیری	متوسط پهنای باند (میکرومتر)
Band number	Band width (μm)	Resolution	Mid Band width (μm)
1	0.433-0.453	30 m	0.443
2	0.450-0.515	30 m	0.4825
3	0.525-0.600	30 m	0.5625
4	0.630-0.680	30 m	0.655
5	0.845-0.885	30 m	0.665
6	1.560-1.660	60 m	1.610
7	2.100-2.300	30 m	2.200
8	0.500-0.680	15 m	0.590
9	1.360-1.390	30 m	1.375
10	10.6-11.2	100 m	10.90
11	11.5-12.5	100 m	12.00

جدول ۲- اطلاعات شاخص‌های طیفی مورد استفاده در این مطالعه

Table 2- Information of spectral indices used in this study

شاخص	رابطه	منابع
Index	Definition	Reference
NDVI <sup>۱</sup>	$(NIR-Red)/(NIR+Red)$	Tucker, 1979
BAI <sup>۲</sup>	$1/(0.1-Red)^2+(0.06-NIR)^2$	Martin <i>et al.</i> , 2005
NBR <sup>۳</sup>	$(NIR-SWIR)/(NIR+SWIR)$	McCarty <i>et al.</i> , 2008
NBRT <sup>۴</sup>	$\frac{[NIR-SWIR(Thermal/1000)]}{[NIR+SWIR(Thermal/1000)]}$	Holden <i>et al.</i> , 2005
SWIR: 2.08 to 2.35 μm Thermal: 10.4 to 12.5 μm		NIR: 0.76 to 0.9 μm

1- Normalized Difference Water Index (NDVI)

2- Burn Area Index

3- Normalized Burn Ratio

4- Normalized Burn Ratio - Thermal

با استفاده از میانگین داده‌های بازتاب این مزارع منحنی پاسخ طیفی<sup>۱</sup> هر یک از پوشش‌های سطحی ترسیم شد. پس از معرفی endmember به نرم‌افزار ENVI، با استفاده از آنالیز جداسازی طیفی خطی، محل مزارع سوخته تعیین و مساحت آن‌ها در تصاویر ماهواره‌ای محاسبه شد.

### معیارهای ارزیابی دقت طبقه‌بندی

در این تحقیق به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر از معیارهای ارزیابی ماتریس خطا<sup>۲</sup> و ضریب کاپا<sup>۳</sup> استفاده شد. ماتریس خطا میزان تطابق هر کلاس طبقه‌بندی شده را با واقعیت زمینی نشان می‌دهد و در آن می‌توان میزان قرار گرفتن اشتباهی یک طبقه را در طبقات دیگر مشاهده کرد (Lillesand et al., 2014). ضریب کاپا تشریح‌کننده میزان تطابق بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی می‌باشد (Richards, 1999).

در انتها از بین دو روش مورد مطالعه بهترین روش برای پایش مزارع آتش زده شده معرفی شد. برای این کار روشی که نتایج به‌دست آمده از آن، به نتایج اندازه‌گیری‌های زمینی نزدیک‌تر بود معرفی شد.

### نتایج و بحث

#### بررسی همبستگی نتایج شاخص‌های طیفی با نتایج میدانی

به منظور بررسی رفتار طیفی چهار عارضه سطح مزارع آزمایشی شامل: خاک، گیاه سبز، بقایا و خاکستر، برای هر یک از آن‌ها منحنی پاسخ طیفی از تصویر لندست ۸ استخراج شد (شکل ۱). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، طیف بازتاب یافته از چهار عارضه در باندهای ساحلی، آبی، سبز و قرمز تصویر (باند ۱ تا ۴ و ۷) تقریباً بر هم منطبق بوده یا فاصله بسیار کمی باهم دارند اما در باند مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز طول موج کوتاه (باند ۵ و ۶) تباین بین طیف بازتاب یافته از این چهار عارضه بیشتر می‌باشد، به‌ویژه در این محدوده تباین بین طیف بازتاب یافته از گیاه سبز با سه عارضه دیگر بسیار زیاد بوده و این طیف یک افزایش ناگهانی داشته است که برای تمایز قائل شدن بین خاکستر با گیاه سبز بسیار مفید است. یافته‌های مشابهی برای تصاویر سایر ماهواره‌ها، حتی با قدرت تفکیک مکانی کمتر از تصویر مورد استفاده در این تحقیق گزارش شده است (Pacheco and McNairn, 2011; Pacheco and

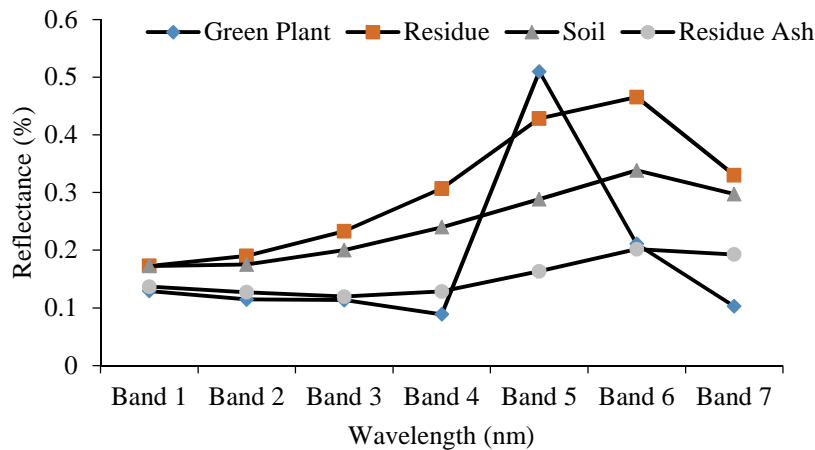
McNairn, 2010; Bannari et al., 2006). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود نمودار پاسخ طیفی گیاه سبز و خاکستر در همه‌ی باندهای تصویر به‌جز باند ۵ (مادون قرمز نزدیک) بسیار به هم نزدیک می‌باشد اما نمودار مربوط به خاکستر با نمودار خاک و بقایا تباین قابل قبولی دارد. به همین علت تمایز قائل شدن بین مزارع سوخته و گیاه سبز کار دشواری می‌باشد، اما جداسازی این عارضه از خاک و بقایا به راحتی امکان‌پذیر است. با توجه به تباین قابل توجه بازتاب گیاه سبز و خاکستر در باند ۵ می‌توان دریافت که در صورت استفاده صحیح از شاخص‌های طیفی و انتخاب یا تعریف شاخص‌های طیفی مناسب و به‌کارگیری صحیح سایر روش‌های جداسازی طیف‌های تصاویر ماهواره‌ای مانند آنالیز جداسازی طیفی خطی، در باندهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز طول موج کوتاه، می‌توان بین خاکستر با عوارض موجود در سطح خاک، به‌ویژه گیاه سبز تمایز قائل شد و بدین صورت محل و مساحت مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده شده است را تعیین نمود.

در بازتاب طیفی گیاهان، کلروفیل، ذرات رنگی، آب موجود در گیاه، شکل، ساختار فیزیکی و بسیاری از پارامترها تأثیر دارند، اما طرح کلی انعکاس گیاهان یکسان می‌باشد. بخش‌های متفاوت برگ، تأثیرات متفاوتی بر انرژی الکترومغناطیسی تأیید شده از خورشید دارند. در بخش مرئی میزان جذب بالا است. انعکاس در این بخش تحت کنترل کلروفیل و مواد رنگی برگ قرار می‌گیرد. حداکثر انعکاس در بخش مرئی در طول موج ۵۵۰ نانومتر (باند سبز) می‌باشد. جذب شدید انرژی الکترومغناطیسی توسط کلروفیل در طول موج‌های آبی و قرمز و همچنین عبور نسبتاً بالا در این محدوده باعث پایین بودن میزان انعکاس می‌شود. در نمودار واکنش طیفی شکل ۱ مشاهده می‌شود که گیاه سبز به علت جذب نور توسط کلروفیل دارای کمترین بازتاب بوده و به همین علت نمودار واکنش طیفی گیاه سبز پایین‌تر از سایر نمودارها قرار دارد. در محدوده مادون قرمز نزدیک (۷۰۰ تا ۳۱۰۰ نانومتر) مقدار جذب و عبور کاهش و در نتیجه میزان انعکاس به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش پیدا می‌کند. این اتفاق در نمودار طیفی خاک، بقایا، خاکستر و گیاه سبز از باند ۵ (مادون قرمز نزدیک) به بعد افتاده است. شاخص پوشش گیاهی (NDVI) بر اساس همین خصوصیات انعکاسی گیاهان در باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک، برای تشخیص سلامتی، شادابی و همچنین تراکم پوشش گیاهی معرفی شده است (Tucker, 1979). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود میزان بازتاب در باند ۵ برای گیاه سبز به‌یکباره افزایش یافته است. این موضوع به علت واکنش کلروفیل در طول موج مادون قرمز نزدیک است.

1- Spectral Response Curve

2- Confusion Matrix

3- Kappa Coefficient



شکل ۱- نمودار پاسخ طیفی

Fig. 1. Spectral response curve

شاخص‌های طیفی در ۴۸ مزرعه آزمایشی در جدول ۳ و مقایسه میانگین شاخص‌های مورد بررسی در جدول ۴ آمده است. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۳ ملاحظه می‌شود که شاخص‌های طیفی تحت تأثیر نوع پوشش سطح خاک قرار گرفته و اختلاف مقادیر آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. تفاوت معنی‌دار بین مقادیر شاخص‌ها در پوشش‌های مختلف از آنجا ناشی می‌شود که بازتاب طیفی خاک، بقایا، خاکستر و گیاه سبز در باندهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز طول موج کوتاه (باند ۵ و ۶) با یکدیگر تفاوت زیادی دارند (شکل ۱). تفاوت یاد شده با تشکیل شاخص‌ها بارزتر شده است، چون شاخص از یک کسر تشکیل شده است که کار آن بارز سازی تفاوت بازتاب دو عارضه در یک یا چند باند تصویر ماهواره‌ای می‌باشد. در این پژوهش به ویژه مقدار شاخص BAI تفاوت بسیار بارزی با سایر شاخص‌ها داشته و به همین دلیل باعث به وجود آمدن اختلاف معنی‌دار در سطح شاخص‌ها شده است.

در فناوری سنجنش از دور از ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها برای تشخیص پدیده‌های مورد مطالعه استفاده می‌شود. هر پدیده بر اساس ترکیب مولکولی سطح خود، انرژی الکترومغناطیسی را به طور انتخابی جذب یا منعکس می‌کند. بخش عمده نور که توسط برگ‌های گیاهان منعکس می‌شود از طیف سبز نور می‌باشد و به همین دلیل گیاهان به رنگ سبز دیده می‌شوند. در خاکستر برجا مانده از بقایا به دلیل سوختن سلولز، میزان بازتاب کاهش یافته و نمودار پاسخ طیفی آن نزدیک به گیاه سبز است. به همین علت جداسازی خاکستر از گیاه سبز دشوار و جداسازی آن، از دو عارضه دیگر (خاک و بقایا)، به علت تباین بین بازتاب این دو عارضه با خاکستر کار ساده‌ای می‌باشد. به همین دلیل بهترین روش برای جداسازی خاکستر از سه عارضه دیگر، به ویژه گیاه سبز، روشی است که دربرگیرنده داده‌های باند ۵ باشد، زیرا در این باند به علت تباین بین داده‌های بازتاب گیاه سبز و خاکستر امکان جداسازی این دو عارضه وجود دارد. خلاصه نتایج حاصل از تجزیه واریانس میانگین مقادیر

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های طیفی

Table 3- The variance analysis of spectral indices

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
		NBRT	NBR	BAI	NDVI
تکرار Replication	11	0.130	0.002	67.297	0.003
پوشش سطح Surface cover	3	0.604*	0.612*	20123.3*	0.387*
خطا Error	33	0.0182	0.006	68.3	0.003

\* (معنی‌دار در سطح ۱ درصد) و ns (عدم تفاوت معنی‌دار)

\* (Significant at 1%) and ns (Not significant)

**جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های طیفی بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد**

**Table 4- Mean comparisons of spectral indices based on Duncan Test in 1 percent**

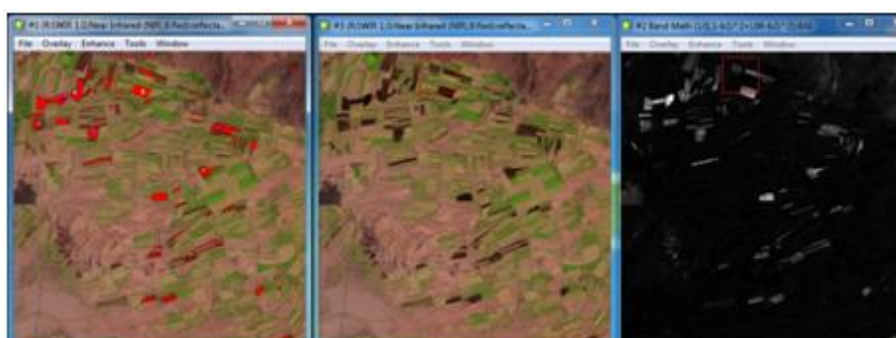
پوشش سطح Surface cover	NDVI	BAI	NBR	NBRT
خاکستر Ash	0.108 a	88.7 a	-0.014 a	0.113 a
خاک Soil	0.116 a	9.661b	-0.007 a	0.122 a
بقایا Residue	0.154 a	4.256 b	0.176 b	0.552 b
گیاه سبز Green Plant	0.483 b	6.823 b	0.466 c	0.446 b

اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند  
Means followed by similar letter(s) in each column are not significantly different

گذاشتن نتایج پژوهش حاضر و پژوهش انجام شده در اسپانیا می‌توان دریافت که شاخص BAI قادر است در طیف وسیعی از تصاویر ماهواره‌ای با اندازه پیکسل‌های متفاوت، یعنی از تصاویر بسیار دقیق تا تصاویر با دقت کم و در شرایط مزرعه و جنگل، نواحی سوخته را شناسایی کند (شکل ۲). مقادیر آستانه بالا و پایین هر یک از شاخص‌ها در چهار عارضه مورد مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. با دقت در نتایج جداول ۴ و ۵ مشاهده می‌شود که مقادیر آستانه شاخص‌های NDVI، NBR و NBRT برای خاکستر، با مقادیر شاخص‌ها برای سایر عوارض همپوشانی دارد، بنابراین جداسازی خاکستر از سایر عوارض مورد مطالعه، با این شاخص‌ها با خطای زیادی همراه خواهد بود اما آستانه پایین و بالای شاخص BAI برای خاکستر به ترتیب ۶۹/۵ و ۱۰۷/۲ می‌باشد که اختلاف بسیار زیادی با مقادیر آستانه‌های این شاخص برای سایر عوارض دارد. برای مثال آستانه پایین و بالای این شاخص برای خاک که نزدیک‌ترین مقدار به خاکستر را دارا می‌باشد به ترتیب ۹/۱ و ۹/۴ می‌باشد.

با توجه به مقایسه میانگین شاخص‌های طیفی برای الگوهای مختلف پوشش سطح خاک جدول ۴ مشاهده می‌شود که تن‌ها شاخص BAI قادر است بین خاکستر باقی‌مانده از سوختن بقایا با سایر عوارض تمایز قائل شود، درحالی‌که در سایر شاخص‌ها دست‌کم بین میانگین مقادیر شاخص BAI در عارضه خاکستر با یکی از عوارض دیگر اختلاف معنی‌دار وجود نداشته و با احتمال زیاد این شاخص‌ها نخواهند توانست مزارعی که در آن‌ها بقایای گیاهی آتش زده شده است را از سایر مزارع جداسازی کرده و مساحت آن‌ها را با دقت کافی نشان دهند.

نتایج مطالعاتی که در خصوص تخمین سطوح سوخته جنگل‌های اسپانیا با استفاده از تصاویر سنجنده‌های AWiFS و مودیس به کمک شاخص BAI انجام شد نشان داد که این شاخص کارایی لازم را برای تمایز قائل شدن بین نواحی سوخته جنگلی و نواحی سبز در تصاویر سنجنده مودیس که دارای تفکیک‌پذیری مکانی ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر است را دارا می‌باشد (Alonso *et al.*, 2007). با کنار هم



**شکل ۲- نمونه‌ای از تصویر سنجنده لندست ۸ از مزارع آزمایشی (تصویر میانی)، تصویر حاصل از شاخص BAI (تصویر سمت راست) و جداسازی مزارع سوخته با استفاده از آستانه بالا و پایین شاخص BAI (تصویر سمت چپ)**

**Fig. 2. An example of Landsat 8 image of experimental fields (The middle image), BAI index image (Right image) and burned field separating by high and low threshold of BAI index (Left image)**

**جدول ۵- آستانه بالا و پایین شاخص‌های مورد مطالعه در چهار نوع پوشش سطحی مزارع**

**Table 5- Low and high threshold of studied indices in four surface cover**

	آستانه پایین Low threshold	آستانه بالا High threshold	آستانه پایین Low threshold	آستانه بالا High threshold	آستانه پایین Low threshold	آستانه بالا High threshold	آستانه پایین Low threshold	آستانه بالا High threshold
	NDVI	NDVI	BAI	BAI	NBR	NBR	NBRT	NBRT
خاکستر Ash	0.101	0.116	69.5	107.2	-0.036	0.001	0.124	0.149
خاک Soil	0.114	0.112	9.1	9.4	-0.015	-0.004	0.143	0.152
بقایا Residue	0.147	0.156	4	4.4	0.156	0.181	0.622	0.637
گیاه سبز Green plant	0.450	0.518	6.4	7.4	0.416	0.505	0.435	0.491

ماهواره‌ای که مقدار شاخص BAI در آن‌ها بین ۶۹/۵ تا ۱۰۷/۲ بود توسط نرم‌افزار ENVI شناسایی شده و به‌عنوان پیکسل‌های سوخته در نظر گرفته شد. برای طبقه‌بندی سایر مزارع با پوشش سبز، پوشش بقایای گیاهی و مزرعه بدون پوشش (خاک) نیز از آستانه پایین و بالای این شاخص استفاده شد. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، ماتریس خطا و ضریب کاپا محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده است. براساس نتایج این ماتریس، صحت کلی ۹۱/۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۹ به‌دست آمد. بالا بودن صحت کلی و ضریب کاپا نشان می‌دهد که جداسازی مزارع سوخته از سایر مزارع با استفاده از شاخص BAI با دقت بالایی با واقعیت‌های زمینی انطباق دارد.

با مقایسه این مقادیر مشاهده می‌شود که آستانه‌های پایین و بالای این شاخص در دو عارضه خاکستر و خاک تفاوت بسیار زیادی با هم دارند. این تفاوت برای دو عارضه دیگر یعنی بقایا و گیاه سبز بیشتر است، بنابراین از بین شاخص‌های مورد مطالعه تنها شاخص BAI قادر است بین عوارض مورد مطالعه تمایز قائل شده و مزارع سوخته را از سایر عوارض جداسازی نماید.

برای اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده، از شاخص BAI برای طبقه‌بندی و جداسازی ۶۰ مزرعه که در بین آن‌ها بقایای گیاهی در ۱۲ مزرعه آتش زده شده بود استفاده شد. برای جداسازی مزارع سوخته از سایر مزارع آستانه پایین (۶۹/۵) و بالای (۱۰۷/۲) شاخص BAI مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب پیکسل‌هایی از تصویر

**جدول ۶- ماتریس خطا برای ارزیابی دقت طبقه بندی با استفاده از شاخص BAI**

**Table 6- Confusion matrix to evaluate the accuracy of classification by BAI index**

طبقه	خاک Soil	بقایا Residue	گیاه سبز Green plant	خاکستر Ash	صحت کاربر (%) User's accuracy (%)	جمع Total
خاکستر Ash	0	0	0	12	100	12
گیاه سبز Green plant	1	0	8	0	88.9	9
بقایا Residue	1	17	0	0	94.4	18
خاک Soil	18	0	3	0	85.7	21
جمع Total	20	17	11	12		60
صحت تولیدکننده (%) Producer's accuracy (%)	0/9	100	72.7	100		

صحت کلی ۹۱/۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۹

Overall accuracy 91.7 and Kappa coefficient 0.89



روش آنالیز جداسازی طیفی خطی

در این بخش از پژوهش طبقه‌بندی مزارع و جداسازی مزارع سوخته و تعیین مساحت هر یک از آن‌ها با استفاده از آنالیز جداسازی طیفی خطی، در نرم‌افزار ENVI انجام شد. برای اعتبار سنجی نتایج به‌دست آمده، طبقه‌بندی و جداسازی همان ۶۰ مزرعه قبلی که در بین آن‌ها بقایای گیاهی در ۱۲ مزرعه آتش زده شده بود انجام شد، تا

بدین صورت امکان مقایسه نتایج حاصل از دو روش، یعنی استفاده از شاخص BAI و آنالیز جداسازی طیفی خطی فراهم شود. برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، ماتریس خطا و ضریب کاپا محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۷ نشان داده شده است. براساس نتایج این ماتریس، صحت کلی ۸۸/۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۴ به‌دست آمد.

جدول ۷- ماتریس خطا برای ارزیابی طبقه‌بندی با استفاده از آنالیز جداسازی طیفی خطی  
Table 7- Confusion matrix to evaluate the accuracy of classification by LSUA

طبقه	صحت کاربر (%) User's accuracy (%)	جمع Total	خاک Soil	بقایا Residue	گیاه سبز Green plant	خاکستر Ash
خاکستر Ash	100	12	0	0	0	12
گیاه سبز Green plant	77.8	9	2	0	7	0
بقایا Residue	94.4	18	1	17	0	0
خاک Soil	80.9	21	17	1	3	0
جمع Total		60	20	18	11	12
صحت تولیدکننده (%) Producer's accuracy (%)			85	94.4	63.6	100

صحت کلی ۸۸/۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۴  
Overall Accuracy 88.3 and Kappa Coefficient 0.84

جدول ۸- خلاصه نتایج حاصل از پژوهش

Table 8- Results summary

آنالیز جداسازی طیفی خطی Linear spectral unmixing method	شاخص BAI BAI index
صحت کلی طبقه‌بندی overall accuracy of Classification	91.7
ضریب کاپا Kappa coefficient	0.89

می‌شود که استفاده از این‌گونه تصاویر باعث ایجاد یک پیش‌خطا<sup>۱</sup> در تخمین نسبت نواحی آتش زده شده و دیگر نواحی شود. بزرگی این پیش‌خطا به عواملی مانند اندازه پیکسل‌های تصویر، نسبت ناحیه سوخته به کل سطح پیکسل، الگو یا شکل ناحیه سوخته، تقابل طیفی بین نواحی سوخته و سایر نواحی که مناطق سوخته را محاصره کرده‌اند و الگوریتم مورد استفاده برای تهیه نقشه مناطق سوخته بستگی دارد (Eva and Lambin, 1998). از آنجا که تفکیک‌پذیری

بالافتن خطا در این روش به دلیل خالص نبودن پیکسل‌هایی است که به‌عنوان endmember به نرم‌افزار معرفی شدند. در صورتی که بتوان منحنی پاسخ طیفی عوارض موجود در سطح زمین را با دستگاه اسپکتروفتومتر استخراج نمود نتایج بهتری از این آنالیز حاصل می‌شود.

استفاده از تصاویر ماهواره‌هایی که تفکیک‌پذیری مکانی کمی دارند باعث می‌شود که در تصاویر، پیکسل‌های مخلوط ایجاد شوند که شامل نواحی آتش زده شده و سایر نواحی هستند. این پدیده باعث

### نتیجه گیری

در این پژوهش توانایی تصاویر سنجنده لندست ۸ برای تعیین محل و مساحت مزارعی که بقایای گیاهی در آن‌ها آتش زده شده بود با استفاده از چهار شاخص طیفی شامل BAI، NBR، NDVI و NBRT و آنالیز جداسازی طیفی خطی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از بین دو روش مورد مطالعه برای تعیین محل و تخمین مساحت مزارع سوخته استفاده از شاخص‌های طیفی نتایج بهتری در پی داشته و از بین چهار شاخص طیفی بررسی شده شاخص BAI به دلیل دقت بالای تفکیک و تخمین مساحت مزارع سوخته، به‌عنوان شاخص تمایز مزارع سوخته با سایر مزارع انتخاب شد. با استفاده از این شاخص محل تمامی مزارع آزمایشی سوخته به درستی تعیین شد.

مکانی تصاویر لندست ۸ که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است ۳۰ متر و بنابراین مساحت پیکسل‌ها ۹۰۰ مترمربع است، این موضوع در پژوهش حاضر نیز دیده می‌شود. بنابراین ایجاد پیش‌خطا به دلیل بزرگ بودن اندازه پیکسل‌های تصویر امری طبیعی است و با پژوهش‌های انجام شده قبلی هماهنگی دارد. خلاصه نتایج به‌دست آمده از این پژوهش در جدول ۸ آورده شده است.

با توجه به نتایج جدول ۸، از بین دو روش مورد بررسی برای تعیین محل و تخمین مساحت مزارع سوخته، روش استفاده از شاخص BAI، به علت دقت و ضریب کاپا بالاتر که نشان‌دهنده تطبیق بیشتر نتایج ماهواره‌ای با نتایج میدانی می‌باشد معرفی می‌گردد.

### References

- Alonso, F. G., S. M. Miguel, and J. M. Cuevas. 2007. Using AWiFS and MODIS data to estimate burned areas: the case of Galicia forest fires during the 2006 summer season. Remote Sensing Laboratory, CIFOR-INIA, Madrid.
- Bannari, A., A. Pacheco, K. Staenz, H. McNairn, and K. Omari. 2006. Estimating and mapping crop residues cover on agricultural lands using hyperspectral and IKONOS data. Remote Sensing of Environment 104: 447-459.
- Darvishsefat, A. A., M. Pir Bavaghar, and M. Rajab-Pourrahmati. 2005. Remote Sensing for GIS Managers. University of Tehran Press//3269. (In Farsi).
- Eva, H., and E. F. Lambin. 1998. Remote sensing of biomass burning in tropical regions: Sampling issues and multisensor approach. Remote Sensing Environment 64: 292-315.
- Ghooshchi, F., A. Joorabloo, M. Silspoor, and H. Hadi. 2010. Effect of primary tillage method and barley (*Hordeum vulgare* L.) crop residual management on the soil and silage corn (*Zea mays* L.) characteristics. Journal of Agroecology 2 (3): 428-436. (In Farsi).
- Godwin, R. J. 1990. Tillage for Crop Production in Areas of Low Rainfall. Food and Agriculture Organization of the United Nation. ISBN-10: 9251025428.
- Golshan, M., M. Faghihi, T. Roushan-Zamir, M. Marandi, B. Esteki, and P. I. Dadvand. 2002. Early effects of burning rice farm residues on respiratory symptoms of villagers in suburbs of Isfahan, Journal of Environmental Health Science Engineering 12: 125-131.
- Holden, Z. A., A. M. S. Smith, P. Morgan, M. G. Rollins, and P. E. Gessler. 2005. Evaluation of novel thermally enhanced spectral indices for mapping fire perimeters and comparisons with fire atlas data. International Journal of Remote Sensing 26 (21): 4801-4808.
- Lillesand, T., R. W. Kiefer, and J. Chipman. 2014. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons.
- Mar, T. F., T. V. Larson, R. A. Stier, C. Claiborn, and J. Q. Koenig. 2004. An analysis of the association between respiratory symptoms in subjects with asthma and daily air pollution in Spokane, Washington. Inhal Toxicol 16: 809-815.
- Martin, P., I. Gómez, and E. Chuvieco. 2005. Performance of a burned-area index (BAI) for mapping Mediterranean burned scars from MODIS data. Proceedings of the 5th International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management: Fire Effects Assessment 193-197. Universidad de Zaragoza. ISBN 84-96214-52-4.
- McCarty, J. L., C. O. Justice, and S. Korontzi. 2007. Agricultural burning in the southeastern United States detected by Modis. Remote Sensing of Environment 108: 151-62.
- McCarty, J. L., T. Loboda, and S. Trigg. 2008. A hybrid remote sensing approach to quantifying crop

- residue burning in the United States. *Applied Engineering in Agriculture* 24 (4): 515-527.
14. McCarty, J. L., S. Korontzi, C. O. Justice, and T. Loboda. 2009. The spatial and temporal distribution of crop residue burning in the contiguous United States. *Science of the Total Environment* 407: 5701-5712.
  15. Najafinezhad, H., Z. Davari, and N. Rashidi. 2005. Effect of seed bed preparing method on grain yield of maize (*Zea mays* L.) and some soil characteristics in double cropping system. *Seed and Plant* 21 (2): 315-330. (In Farsi).
  16. Pacheco, A., and H. McNairn. 2011. Mapping Crop Residue Cover over Regional Agricultural Landscapes in Canada. Available at: <http://www.isprs.org/proceedings/2011/isrse-4/211104015Final00921.pdf>. Accessed 19 September 2012.
  17. Pacheco, A., and H. McNairn. 2010. Evaluating multispectral remote sensing and spectral unmixing analysis for crop residue mapping. *Remote Sensing of Environment* 114: 2219-2228.
  18. Richards, J. A. 1999. *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 3). Berlin et al.: Springer.
  19. Singer, R. B., and T. B. McCord. 1979. Mars: Large scale mixing of bright and dark materials and implications for analysis of spectral reflectance. *Lunar Planet Science* 10: 1825-1848.
  20. Tucker, C. J. 1979. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation', *Remote Sensing of Environment* 8(2): 127-150.
  21. USGS. 2015. Landsat 8 Data Products. Available at: <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>. Accessed 10 February 2015.

## Remote Sensing of Residue Management in Farms using Landsat 8 Sensor Imagery

M. A. Rostami<sup>1\*</sup> - H. Afzali Gorouh<sup>2</sup>

Received: 25-09-2015

Accepted: 24-04-2016

### Introduction

Preserving of crop residues in the field surface after harvesting crops, making difficult farm operations. The farmers for getting rid of crop residues always choose the easiest way, i.e. burning. Burning is one of the common disposal methods for wheat and corn straw in some region of the world. Present study was aimed to investigate the accurate methods for monitoring of residue management after wheat harvesting. With this vision, the potential of Landsat 8 sensor was evaluated for monitoring of residue burning, using satellite spectral indices and Linear Spectral Unmixing Analysis. For this purpose, correlation of ground data with satellite spectral indices and LSUA data were tested by linear regression.

### Materials and Methods

In this study we considered 12 farms where remained plants were burned, 12 green farm, 12 bare farms and 12 farms with full crop residue cover were considered. Spatial coordinates of experimental fields recorded with a GPS and fields map were drawn using ArcGis software, version of 10.1.

In this study, two methods were used to separate burned fields from other farms including Satellite Spectral Indices and Linear Spectral unmixing analysis. In this study, multispectral landsat 8 image was acquired over 2015 year. Landsat 8 products are delivered to the customer as radiometric, sensor, and geometric corrections. Image pixels are unique to Landsat 8 data, and should not be directly compared to imagery from other sensors. Therefore, DN value must be converted to radiance value in order to change the radiance to the reflectance, which is useful when performing spectral analysis techniques, such as transformations, band ratios and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), etc.

In this study, a number of spectral indices and Linear Spectral Unmixing Analysis data were imported/extracted from Landsat 8 image. All satellite image data were analyzed by ENVI software package. The spectral indices used in this study were NDVI, BAI, NBR and NBRT. Classification accuracy was evaluated and expressed by confusion matrix and Kappa coefficient.

Natural surfaces are rarely composed of a single uniform material. Spectral mixing occurs when materials with different spectral properties are represented by a single image pixel. The condition where scale of the mixing is large (macroscopic), mixing would occur in a linear fashion. However for microscopic situations, the mixing is generally nonlinear. The linear model which was adopted in this study, assumes that there is no interaction between materials. Assumption of LSUA is that each pixel on the surface is a physical mixture of several constituents weighted by surface abundance, and the spectrum of the mixture is a linear combination of the endmember reflectance spectra.

Within the context of this study, LSUA is a classification method that can determine contribution of each material (or endmember) such as soil or residue for each image pixel.

### Results and Discussion

The spectral response curve extracted from Landsat 8 image used as input into the LSUA model in ENVI software. As expected, crop burned residue (Ash) spectra had lower reflectance when compared to the soil, residue and green plant spectra. The contrast between residue, green plant, soil and residue ash spectra was particularly evident in the NIR and SWIR bands. It is suggested that these bands are essential for residue discrimination. Differences of reflectance in the visible bands were minimal, providing little discrimination between residue, green plant, soil and residue ash. Burned area estimated by LSUA method from Landsat 8 image was correlated against the ground data (measured coincident to the ground data). The overall accuracy of

1 and 2- Assistant Professor and Researcher respectively, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Resource Research and Education Center, AREEO, Kerman, Iran

(\*- Corresponding Author Email: marostami1351@gmail.com)

classification with BAI index and LSUA method was 91.7 and 88.3 and Kappa coefficient was 0.89 and 0.84 respectively.

Results indicated that burned field area can be located and its area can be estimated using Landsat 8 images. The Index BAI was selected as discernment index for burned/unburned fields in Landsat 8 images.

## Conclusions

Present study was aimed to evaluate the accurate methods for monitoring residue management after wheat harvesting. With this vision, the potential of Landsat 8 sensor local data for monitoring residue burning was evaluated using satellite spectral indices and Linear Spectral Unmixing Analysis. Results indicate that residue ash spectra had lower reflectance when compared to the residue, soil and green plant except NIR band spectra. The contrast between residue, soil, green plant and residue ash spectra was particularly evident in the NIR bands. Results indicated that burned field area can be located and its area can be estimated using Landsat 8 images. The Index BAI was selected as discernment index for burned/unburned fields in Landsat 8 images.

**Keywords:** Crop residue, Landsat 8 sensor, Linear spectral unmixing analysis, Spectral indices