

تعیین مناسب‌ترین روش تهیه نقشه تیپ در جنگل‌های زاگرس مرکزی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸

یاسمن لهرابی^۱، مژگان عباسی^۲، علی سلطانی^۳ و حمیدرضا ریاحی بختیاری^{۴*}

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۰۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۰۴

چکیده

نقشه تیپ جنگل یکی از ضروری‌ترین نقشه‌های موضوعی برای مدیریت اکوسیستم جنگل است. تهیه نقشه تیپ با استفاده از روش‌های میدانی یا عکس‌های هوایی، سخت و با صرف زمان و هزینه زیاد همراه است. در مقابل، داده‌های ماهواره‌ای با ویژگی‌های خاص خود مانند دید وسیع و یکپارچه، پوشش تکراری، فراهم آوردن داده‌های بهنگام و استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی جهت ثبت خصوصیات پدیده‌ها، امکان مناسبی را در این زمینه فراهم می‌کنند. این پژوهش با هدف تهیه نقشه تیپ بخشی از جنگل‌های زاگرس مرکزی (ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق) با داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست هشت مربوط به شهریورماه ۱۳۹۵ انجام شد. نقشه واقعیت زمینی از طریق پیمایش زمینی بر اساس محاسبه تراکم درختان غالب و سطح تاج‌پوشش درختان با بهره‌گیری از اطلاعات نوع گونه، موقعیت و مساحت تاج‌پوشش درختان تهیه شد. به‌منظور افزایش قدرت تفکیک مکانی داده‌های چند طیفی، فنون مختلف ادغام روی تصاویر اعمال شد. بهترین نتیجه حاصل از خوارزمی حداکثر احتمال، مقادیر شاخص کاپا و صحت کلی برابر ۰/۵۷ و ۶۳ درصد را در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی بر اساس تراکم درختان در منطقه نشان داد. نتایج نشان داد تصاویر این سنجنده با توجه به تنوع زیاد گونه‌های گیاهی منطقه، قابلیت متوسطی برای تهیه نقشه تیپ جنگل را دارند.

واژه‌های کلیدی: داده‌های لندست ۸، ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق، طبقه‌بندی، نقشه تیپ جنگل.

مقدمه

ثبت ویژگی پدیده‌ها، مورد توجه پژوهشگران و متخصصین زیادی قرار گرفته است. همچنین استفاده از فن‌آوری سنسجش‌ازدور و کاربرد داده‌های ماهواره‌ای، اغلب موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در زمان و افزایش دقت پژوهش‌ها می‌شود (Najafzadeh *et al.*, 2017). با توجه به اهمیت استفاده از فنون سنسجش‌ازدور، ضروری است که قابلیت داده‌های ماهواره لندست هشت با توجه به افزایش دقت هندسی و رادیومتری، افزایش باندهای طیفی این ماهواره نسبت به دیگر ماهواره‌های سری لندست و نیز سهولت دسترسی به آنها، در تهیه این نقشه‌ها بررسی شود. از آنجایی که نتایج حاصل از این‌گونه بررسی‌ها با توجه به شرایط مختلف جنگل‌ها متفاوت است، ضرورت استفاده از داده‌های سنسجش‌ازدور در شرایط رویشگاهی مختلف و مقایسه نتایج آنها باهم نیز مطرح می‌شود. پژوهش‌های مختلفی در زمینه استفاده از داده‌های ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه جنگل در داخل و خارج از ایران انجام شده است.

Das and Singh (2013) در پژوهش خود در غرب منطقه ماهاراشترای هند، اهمیت سنسجش‌ازدور را در تهیه نقشه تیپ جنگل با استفاده از تصاویر لندست هشت بیان کردند. در این بررسی از طبقه‌بندی‌کننده حداکثر احتمال استفاده شد. محصول نهایی طبقه‌بندی، شناسایی و تهیه نقشه تیپ گونه‌های غالب جنگل بود. آنها استفاده بهینه از تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه پوشش گیاهی را در حالی مؤثر دانستند که با کار میدانی همراه باشد و بیان کردند که نتایج حاصل از نقشه‌های پوشش گیاهی با فن‌آوری سنسجش‌ازدور به‌خوبی ترکیب جامعه گیاهی را نشان می‌دهند. Zhu and Lio (2014) برای تهیه نقشه تیپ جنگل در شهرستان ویتون در جنوب شرقی اوهایو از تصاویر لندست استفاده کردند. در منطقه مورد بررسی

حفاظت و مدیریت کارآمد جنگل‌ها نیازمند اطلاعات دقیق از ترکیب و توزیع گونه‌ها در مناطق جنگلی است. نقشه‌های تیپ جنگل، با فراهم آوردن این اطلاعات، ابزاری مفید جهت مدیریت مناسب و حفاظت پایدار جنگل‌ها محسوب می‌شوند. نقشه تیپ جنگل یک نقشه موضوعی است که توزیع مکانی، غالبیت و همچنین ترکیب درختان و درختچه‌ها را در اکوسیستم جنگل نشان می‌دهد (Darvishsefat, 2004). این نقشه‌ها می‌توانند به‌عنوان پایگاه داده در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری جنگل مورد استفاده قرار گیرند. همچنین ارزیابی خطرات و اثرات مرتبط با شیوع آفات، برآورد موجودی جنگل، بررسی اهداف بوم‌شناختی و سلامت جنگل و تهیه نقشه غنای گونه‌ها از موارد لزوم تهیه این نقشه‌ها هستند (Wang *et al.*, 2004).

روش‌های تهیه نقشه تیپ جنگل به روش عملیات میدانی و آماربرداری زمینی، مشکل، هزینه‌بر و وقت‌گیر است. به‌علاوه، شرایط خاص جنگل‌های زاگرس از نظر خصوصیات فیزیوگرافی و شرایط پستی و بلندی و دشواری کار آماربرداری، استفاده از روش‌های معمول تیپ‌بندی را با مشکلات بسیاری روبرو می‌کند. در سال‌های اخیر فن‌آوری سنسجش‌ازدور با فراهم کردن داده‌های رقمی از مناطق وسیع جهت استخراج خودکار و نیمه‌خودکار خصوصیت پدیده‌ها تا حد زیادی توانسته است به انجام چنین پژوهش‌هایی کمک کند (Hamidi, Xiao *et al.*, 2002; Ke *et al.*, 2015; Chrysafis *et al.*, 2017). استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌هایی مانند دید وسیع و یکپارچه، پوشش تکراری، امکان فراهم آوردن داده‌های بهنگام و استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی جهت

رقومی ماهواره لندست هفت اقدام به تهیه نقشه تیپ بخشی از جنگل‌های زاگرس واقع در جنگل قلاجه استان کرمانشاه کردند. با استفاده از ۸۰ درصد از قطعات نمونه، طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده حداکثر احتمال و روش شبکه عصبی مصنوعی انجام شد و سپس نقشه حاصل از هرکدام با ۲۰ درصد از کل داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد نقشه حاصل از اعمال روش شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش حداکثر احتمال نتایج بهتری ارائه می‌دهد، به طوری که صحت کلی و شاخص کاپا به ترتیب ۱۴ درصد و ۰/۰۵ بیشتر است. لازم به ذکر است که در این جنگل چهار تیپ بلوط، بنه غالب، کیکم غالب و آمیخته تفکیک شدند.

تاکنون در اکثر بررسی‌های انجام‌شده در زمینه تیپ‌بندی جنگل‌های چند آشکوبه با استفاده از تصاویر سنجنش‌ازدور فقط مساحت تاج‌پوشش آشکوب غالب به‌عنوان معیار تیپ‌بندی در نظر گرفته شده است. درحالی‌که ساختار جنگل‌های زاگرس تک آشکوبه بوده و به‌دلیل شاخه‌زاد بودن و برداشت‌های بی‌رویه تاج‌ها شکل اصلی خود را از دست داده‌اند. از این‌رو در این پژوهش علاوه بر سطح تاج‌پوشش، معیار تعداد پایه در هکتار (تراکم) نیز به‌عنوان مبنای تیپ‌بندی جنگل پیشنهاد و مورد آزمون قرار گرفت.

وجود تیپ‌های ارزشمند در ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق و حضور گونه ارس به‌عنوان گونه در حال انقراض و عدم وجود نقشه پراکنش آن برای مدیریت جنگل از یک‌طرف و لزوم انجام پژوهشی در ارتباط با قابلیت داده‌های لندست هشت برای تیپ‌بندی جنگل هم بر اساس سطح تاج‌پوشش و هم تراکم درختان غالب از طرف دیگر، ضرورت انجام این پژوهش را مطرح می‌سازد. این پژوهش با هدف تهیه نقشه تیپ ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق با استفاده از داده‌های

تیپ‌های سوزنی‌برگان، جنگل‌های بلوط و جنگل آمیخته تفکیک شدند. با استفاده از این تصاویر و خوارزمی حداکثر احتمال صحت کلی به ۹۰/۵۲ درصد رسید و استفاده از اطلاعات توپوگرافی منطقه، مقدار صحت کلی را به ۹۲/۶۳ درصد رساند. با توجه به هزینه کم این روش و سهولت انجام آن، این رویکرد می‌تواند در مقیاس منطقه‌ای و جهانی برای تهیه نقشه تیپ انواع جنگل به کار گرفته شود. Mei و همکاران (2016) و Gao و همکاران (2015) توانایی تصاویر لندست هشت را با مدل‌سازی جنگل مصنوعی برای تهیه نقشه تیپ جنگل‌های سوزنی‌برگ شامل سه تیپ از انواع درختان کاج، در شمال چین بررسی کردند. صحت کلی و شاخص کاپا به‌دست‌آمده با استفاده از این مدل به ترتیب ۹۲/۷ درصد و ۰/۸۳۴ بودند. ارزیابی اهمیت مدل‌سازی با جنگل مصنوعی نشان داد که باندهای طیفی به‌شدت در تشخیص و تمایز تیپ‌های جنگل مؤثر است. Darvishsefat و همکاران (2009) به‌منظور بررسی امکان تهیه نقشه تیپ راش به کمک داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست هفت، داده‌های رقومی این سنجنده از بخش چلیبر جنگل خیرودکنار نوشهر را مورد تحلیل قرار دادند. پس از تهیه نقشه واقعیت زمینی، طبقه‌بندی به تیپ‌های راش خالص، راش غالب، راش مخلوط و غیر راش انجام شد. در این راستا خوارزمی‌های مختلف روش نظارت‌شده شامل طبقه‌بندی‌کننده‌های سخت حداکثر تشابه، حداقل فاصله از میانگین و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شدند. بیشترین صحت کلی با خوارزمی شبکه عصبی مصنوعی، ۳۵ درصد به‌دست آمد. علت پایین بودن نتایج حاصل، بیشتر مربوط به نوع طبقه‌های موردنظر و تشابه بازتاب آنها به‌ویژه تیپ‌های راش خالص و غالب بوده است. Parma and shataei (2013) با استفاده از داده‌های

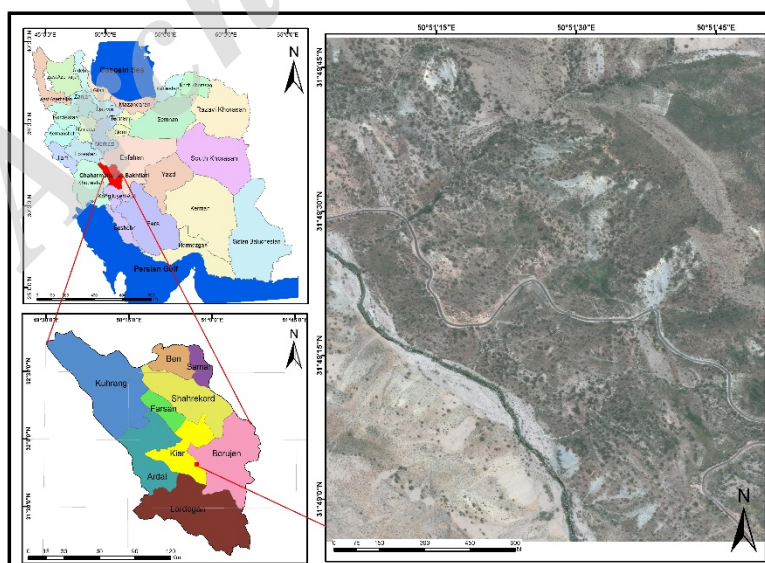
ذخیره‌گاه در محل تلاقی سه رویشگاه عمده کشور، یعنی جنگل‌های نیمه‌خشک و حفاظتی غرب، رویشگاه نیمه‌استپی و رویشگاه آلی قرار گرفته است. به‌همین دلیل در محل این اکوتون طبیعی و ارزشمند عناصر رویشگاهی هر سه اقلیم از ارس صخره‌ای و زبان‌گنجشک، گونه‌های مرتعی نیمه‌استپی و دیگر عناصر مشابه تا گونه‌های بالشتکی صخره‌ای را می‌توان مشاهده کرد. در این ذخیره‌گاه گونه ارس به‌عنوان گونه در حال انقراض شناخته شده و گونه‌های زبان‌گنجشک، زالزالک، بنه، بلوط و محلب نیز به‌عنوان گونه‌های همراه، تحت حفاظت قرار دارند (Raeesi *et al.*, 2005). دلیل انتخاب این منطقه برای پژوهش اخیر، تنوع گونه‌ای زیاد و شرایط توپوگرافی خاص بوده است. این پژوهش در بخشی از منطقه ذخیره‌گاه چهارطاق به مساحت ۵۰ هکتار انجام شد و نسبت به کل جنگل‌های منطقه زاگرس از اختلاف ارتفاع کمتری برخوردار است.

ماهواره لندست هشت بر اساس سطح تاج‌پوشش و نیز تراکم درختان غالب انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرکرد و ۴۰ کیلومتری شهرستان اردل با مساحتی معادل ۴۰۰ هکتار قرار گرفته است و از سال ۱۳۶۲ تاکنون تحت قرق کامل بوده است. از نظر جغرافیایی در حدفاصل $31^{\circ}49'48''$ تا $31^{\circ}50'14''$ عرض شمالی و $50^{\circ}50'33''$ تا $50^{\circ}52'21''$ طول شرقی واقع شده است. ارتفاع از سطح دریا در این رویشگاه از حداقل ۲۱۰۰ متر از کنار رودخانه سبزوکه تا ۲۴۲۰ متر (اختلاف ارتفاع ۳۰۰ متری) در ارتفاعات کوه کلار متغیر است. متوسط بارندگی سالانه ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر و بر اساس روش دومارتن جزء اقلیم نیمه مرطوب محسوب می‌شود (Jahanbazi *et al.*, 1999). ذخیره‌گاه چهارطاق را می‌توان یکی از بی‌نظیرترین ذخیره‌گاه‌های کشور دانست، زیرا این



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی در استان چهارمحال و بختیاری روی نقشه ایران

Figure 1. The geographical location of study area, Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran.

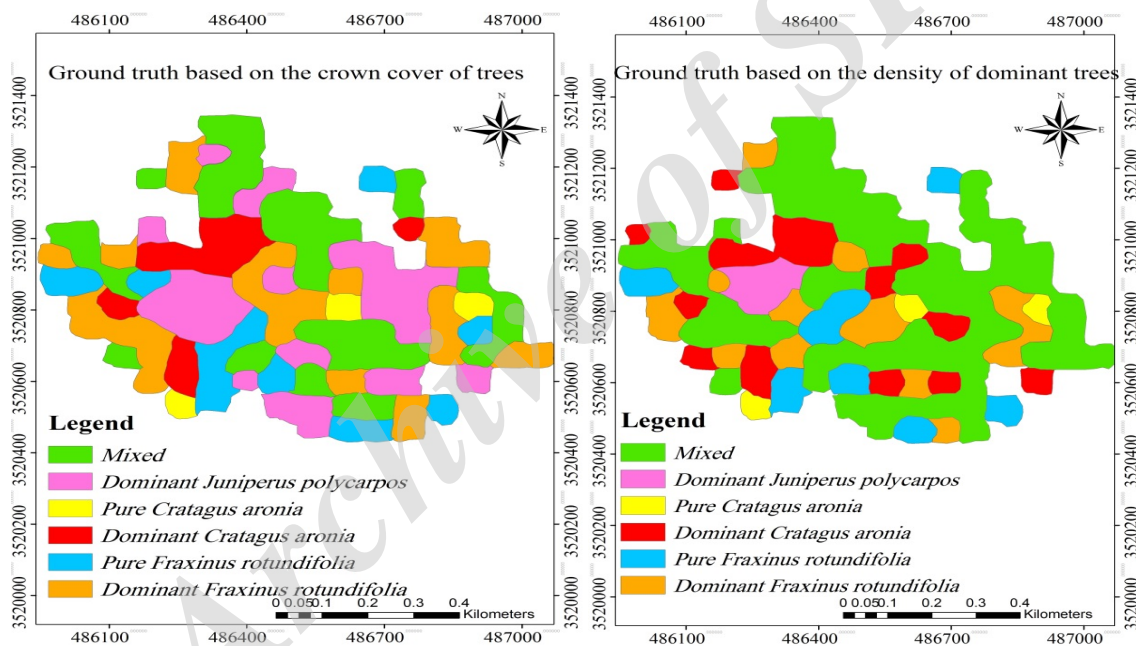
پوشش درختان برای محاسبه مساحت تاج در فرم‌های آمابرداری یادداشت و درنهایت اطلاعات ۱۷۷۰ درخت جمع‌آوری شده در هشت نوار در سطحی به مساحت ۵۰ هکتار، رقومی شد. پس از وارد کردن نقاط برداشت‌شده، نقشه واقعیت زمینی یک‌بار بر اساس تراکم درختان غالب و یک‌بار بر اساس سطح تاج‌پوشش درختان در شش طبقه تحت عنوان آمیخته، ارس غالب، زالزالک خالص، زالزالک غالب، زبان‌گنجشک خالص و زبان‌گنجشک غالب در محیط نرم‌افزار Arc-GIS تهیه شد (شکل ۲).

داده‌های مورد استفاده

تصاویر چند طیفی سنجنده OLI ماهواره لندست هشت مربوط به شهریورماه ۱۳۹۵ به شماره گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۸ به‌عنوان اساس کار در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

روش پژوهش

به‌منظور تهیه نقشه واقعیت زمینی، موقعیت مکانی درختان در بخشی از ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق در نوارهایی به پهنای ۳۰ متر به‌صورت صد درصد با سیستم موقعیت‌یاب جهانی دستی ثبت شد. اطلاعات مربوط به نوع گونه، قطر کوچک و قطر بزرگ تاج



شکل ۲- نقشه واقعیت زمینی به‌دست‌آمده بر اساس تراکم درختان غالب در منطقه (سمت چپ) و سطح تاج‌پوشش (سمت راست) درختان در منطقه مورد بررسی

Figure 2. Ground truth based on the density of dominant trees (right figure) and crown cover area (left figure) of trees in the study area

یا بر اساس درصد سطح تاج‌پوشش تعریف شود. از این‌رو در این پژوهش، در مرحله اول تیپ‌های جنگلی بر اساس حضور درختان غالب تعیین شدند و با محاسبه درصد فراوانی درختان، نوع تیپ در هر سطح مشخص شد. همچنین با توجه به اینکه بازتاب عمده

تعیین نوع تیپ

حضور گونه‌ها و درصد ترکیب آنها تعیین‌کننده نوع تیپ است. در جنگل‌های غرب با توجه به ساختار همگن پروفیل عرضی درختان نسبت به جنگل‌های شمال، تیپ جنگل می‌تواند بر اساس تراکم درختان و

نسبت‌گیری طیفی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی با هدف استخراج اطلاعات بیشتر انجام شد.

طبقه‌بندی و بررسی صحت

پس از بررسی تصویر و شناسایی تیپ‌های منطقه، نمونه‌های تعلیمی با پراکنش مناسب به نحوی انتخاب شدند که این نمونه‌ها نماینده تیپ‌های موجود در منطقه باشند. به منظور انتخاب مناسب‌ترین مجموعه باندهای، از نشانه‌های طیفی باندها و شاخص فاکتور بهینه استفاده شد. پس از انتخاب بهترین باندها، طبقه‌بندی یک‌بار بر اساس تراکم درختان غالب و بار دیگر بر اساس سطح تاج‌پوشش درختان انجام شد و تعداد شش تیپ جنگلی (زبان‌گنجشک خالص، زبان گنجشک غالب، زالزالک خالص، زالزالک غالب، ارس غالب و آمیخته) تفکیک شدند. در نهایت به منظور مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصویر با نقشه واقعیت زمینی، صحت‌سنجی با به‌کارگیری دو خوارزمی حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین انجام شد.

نتایج

بررسی خطاهای رادیومتری تصویر هیچ‌گونه خطایی را روی تصویر نشان نداد و تنها اعداد رومی ثبت‌شده توسط سنجنده به بازتاب بالای جو تبدیل شدند. از دقت هندسی تصویر هم با قرار دادن نقشه‌برداری نقاط کنترل روی آن، اطمینان حاصل شد. همچنین به دلیل اختلاف ارتفاع کم در منطقه مورد بررسی (۳۰۰ متر)، الزامی برای برطرف کردن خطای جابجایی وجود نداشت و تصاویر در سطح LIT تصحیح شدند. پس از ادغام باندهای چند طیفی با باند پانکروماتیک با استفاده از خوارزمی‌های ذکر شده، مشاهده شد که این تصاویر از قابلیت تفسیر چشمی بیشتری نسبت به تصاویر اصلی برخوردار هستند. ضمن اینکه کیفیت

ثبت‌شده توسط سنجنده‌ها، مربوط به تاج‌پوشش است، در مرحله دوم از مشخصه درصد تاج‌پوشش استفاده شد که برای این منظور با محاسبه درصد تاج‌پوشش برای گونه‌های مختلف و تعیین درصد فراوانی آنها و مقدار غلبه تاج هر یک از گونه‌ها، نوع تیپ در هر سطح مشخص شد.

پیش‌پردازش تصاویر

به منظور بررسی دقت هندسی تصویر از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ منطقه استفاده شد و مختصات چند نقطه کنترل از آن استخراج شد. از آنجایی که این نقاط و تصویر تطابق هندسی کامل داشتند، نیازی به انجام تصحیح هندسی تصویر ماهواره‌ای نبود. همچنین اعداد دیجیتالی ثبت‌شده توسط سنجنده به رادیانس و رادیانس به بازتاب بالای جو تبدیل شدند (روابط ۱ و ۲).

$$L_{\lambda} = \text{Gain} \times \text{Pixel value} + \text{Offset} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \sin \theta} \quad \text{رابطه (۲)}$$

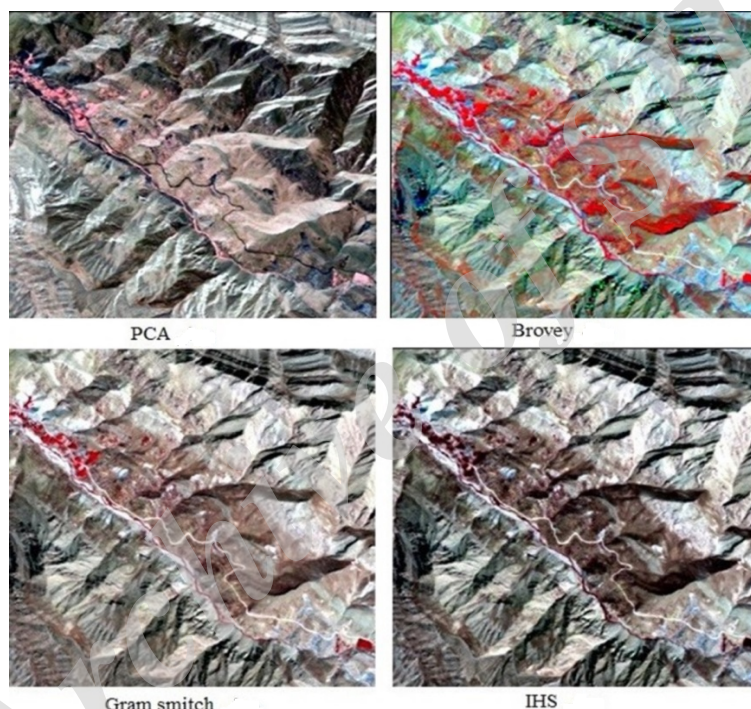
در این روابط، L_{λ} مقدار رادیانس، ρ_{λ} بازتاب بالای جو، d فاصله خورشید تا زمین، $ESUN_{\lambda}$ تابش خورشیدی و θ ارتفاع خورشید بر حسب درجه هستند.

پردازش تصاویر

به منظور استفاده از قابلیت تفکیک مکانی باند پانکروماتیک، عملیات ادغام به چهار روش PCA، Brovey، Gram-Schmidt و IHS انجام گرفت و در نهایت از تصاویر ادغام‌شده با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر حاصل از اعمال روش Gram-Schmidt که از طریق انجام ارزیابی کیفیت ادغام انتخاب شده بود، جهت انجام پردازش‌های بعدی استفاده شد. دیگر عملیات بارسازی داده‌های ماهواره‌ای مانند

صحت کلی و شاخص کاپا برای روش JHS ۸۶/۱۸ درصد و ۰/۸۴ و برای روش Brovey ۷۵/۴۱ درصد و ۰/۷۳ به دست آمد؛ بنابراین از تصویر حاصل از انجام عملیات ادغام با روش Gram-Schmidt به عنوان تصویر نهایی برای دیگر مراحل پردازش استفاده شد. شکل ۳ نتایج حاصل از عملیات ادغام را با استفاده از چهار روش ذکر شده در ترکیب رنگی RGB نشان می‌دهد.

تصاویر به دست آمده از ادغام با روش Gram-Schmidt نسبت به دیگر روش‌ها بیشتر بود. علاوه بر این، نتایج ارزیابی کیفیت نشان داد که مقادیر صحت کلی و شاخص کاپا برای روش Gram-Schmidt به ترتیب ۹۲/۷۷ درصد و ۰/۹۰ بوده است که نسبت به دیگر روش‌ها بیشترین مقدار را داشته است. از طرف دیگر روش PCA به ترتیب با داشتن صحت کلی ۵۷/۸۱ درصد و شاخص کاپای ۰/۴۹ نسبت به دیگر روش‌ها ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است. همچنین مقادیر



شکل ۳- نتایج حاصل از ادغام تصاویر
Figure 3. obtained Result of fusion

مقدار همبستگی حاصل از این تحلیل را نشان می‌دهد. از میان مجموعه باندهای اصلی و مصنوعی، تعداد ۷ باند به عنوان بهترین باند بر اساس شاخص فاکتور بهینه انتخاب شدند. جدول ۲ باندهای تهیه شده و بهترین مجموعه باندهای طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.

علاوه بر باندهای اصلی، تعدادی باند مصنوعی نیز با انجام نسبت‌گیری طیفی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی ساخته شد. با انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی، اندازه تمرکز اطلاعات هر مؤلفه به دست آمد. در مرحله انتخاب بهترین باند، فقط مؤلفه اول به علت داشتن بیشترین حجم اطلاعات وارد شد. جدول ۱

جدول ۱- مقدار همبستگی حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بین باندهای تصویر لندست هشت

Table 1. Correlation value by decomposing the main components between Landsat bands

مؤلفه Component	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
درصد واریانس Variance (%)	96.18	2.03	1.07	0.46	0.13	0.05	0.04
مقدار بردار ویژه Eigen vector	6.73	0.14	0.07	0.03	0.009	0.0038	0.0030

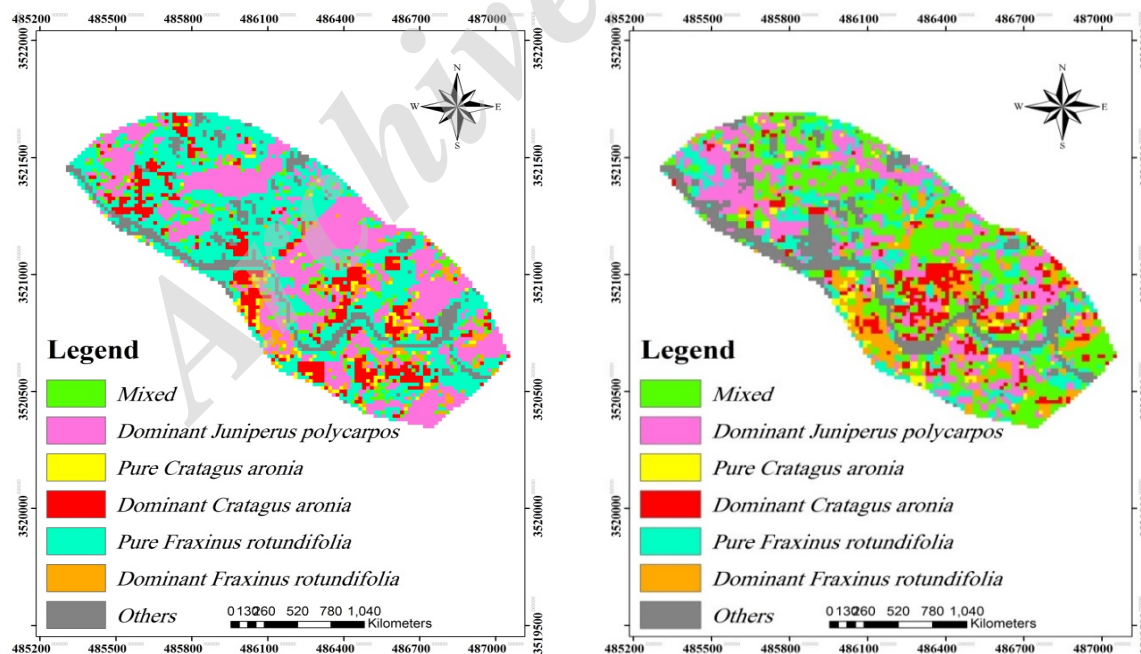
جدول ۲- بهترین مجموعه باندهای مناسب برای طبقه‌بندی از بین باندهای اصلی و شاخص‌های پوشش گیاهی

Table 2. Optimum bands set for classification from spectral bands and vegetation indices

باندهای تهیه شده Prepared bands	باندهای انتخاب شده Selected bands
OLI 1-7, Gram-Schmidt 1-7, PCA 1-7, NDVI, PVI, PVI 1, PVI 2, PVI Ratio, NDVI, 7-PCA, 7-idx, WDVI, SAVI; TSAVI; TSVI2, MSAVI1; MSAVI; DVI	TSAVI, MSAVI2, NDVI, Near Infra Red, PCA1, PVI, WDVI

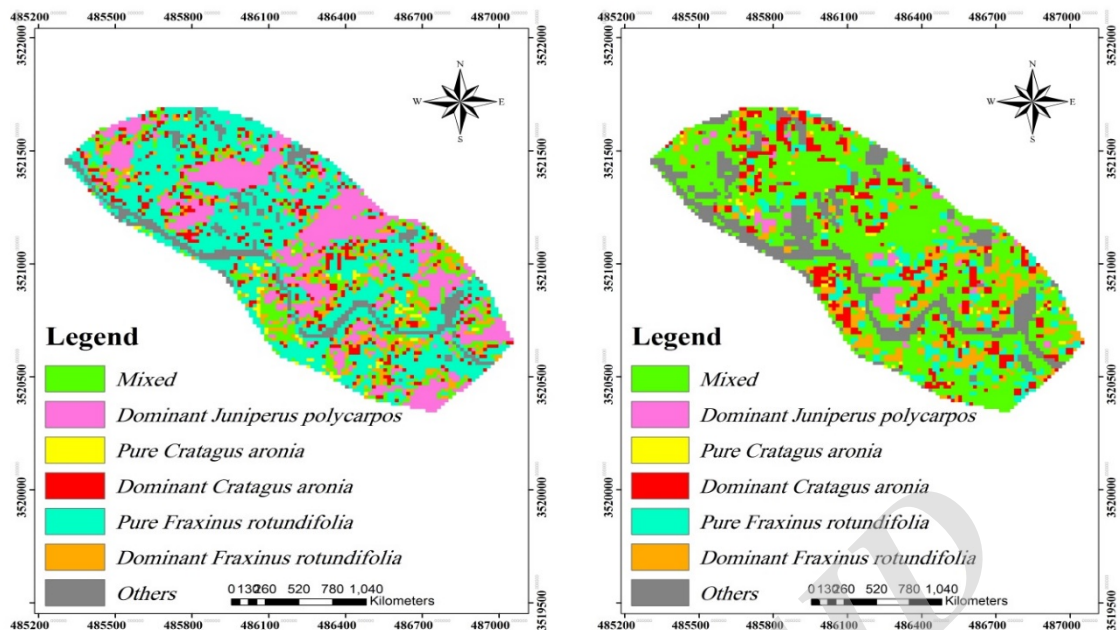
نتایج حاصل از صحت‌سنجی برای خوارزمی‌های مورد استفاده در جدول‌های ۳ تا ۶ آورده شده است.

نقشه‌های طبقه‌بندی شده با خوارزمی‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.



شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی شده تپ‌های جنگل بر اساس حضور سطح تاج‌پوشش درختان با خوارزمی حداکثر احتمال (سمت راست) و خوارزمی حداقل فاصله از میانگین (سمت چپ)

Figure 4. The classified forest type map based on the crown trees with Maximum Likelihood (right figure) and Minimum Distance algorithm (left figure)



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی شده تیپ‌های جنگل بر اساس تراکم درختان غالب با خوارزمی حداکثر احتمال (سمت راست) و خوارزمی حداقل فاصله از میانگین (سمت چپ)

Figure 5. The classified forest type map based on density of dominant trees with Maximum Likelihood (right figure) and Minimum Distance algorithm (left figure)

جدول ۳- نتایج بررسی صحت نقشه حاصل از اعمال خوارزمی‌ها با نقشه واقعیت زمینی بر اساس سطح تاج‌پوشش درختان

Table 3. Accuracy assessment results of classified map against ground truth based on the crown trees

	خوارزمی حداکثر احتمال Maximum likelihood		خوارزمی حداقل فاصله از میانگین Minimum distance	
	درصد صحت کاربر User. Acc. (%)	درصد صحت تولیدکننده Prod. Acc. (%)	درصد صحت کاربر User. Acc. (%)	درصد صحت تولیدکننده Prod. Acc. (%)
آمیخته Mixed type	46.15	46.15	20.00	7.69
زالزالک خالص Pure <i>Cratagus aronia</i> type	66.67	50.00	33.33	25.00
زالزالک غالب Dominant <i>Cratagus aronia</i> type	33.33	60.00	14.29	20.00
زبان گنجشک خالص Pure <i>Fraxinus rotundifolia</i> type	20.00	16.67	13.33	33.33
زبان گنجشک غالب Dominant <i>Fraxinus rotundifolia</i> type	28.57	22.22	20.00	11.11
غیر جنگل Others	100.00	100.00	100.00	92.86
ارس غالب Dominant <i>Juniperus polycarpus</i>	25.00	25.00	18.18	25.00

جدول ۴- نتایج بررسی صحت نقشه حاصل از اعمال خوارزمی‌ها با نقشه واقعیت زمینی بر اساس تراکم درختان غالب

Table 4. Accuracy assessment results of classified map against ground truth based on density of dominant trees

	خوارزمی حداکثر احتمال		خوارزمی حداقل فاصله از میانگین	
	Maximum likelihood	Minimum distance	Maximum likelihood	Minimum distance
	درصد صحت کاربر	درصد صحت تولیدکننده	درصد صحت کاربر	درصد صحت تولیدکننده
	User. Acc.	Prod. Acc.	User. Acc.	Prod. Acc.
تیپ آمیخته Mixed type	46.67	43.75	40.00	12.50
زالزالک خالص Pure <i>Cratagus aronia</i> type	31.25	12.50	33.33	25.00
زالزالک غالب Dominant <i>Cratagus aronia</i> type	25.00	50.00	50.00	66.67
زبان گنجشک خالص Pure <i>Fraxinus rotundifolia</i> type	25.00	25.00	31.25	40.00
زبان گنجشک غالب Dominant <i>Fraxinus rotundifolia</i> type	33.33	25.00	25.00	25.00
غیر جنگل Others	100.00	100.00	100.00	100.00
ارس غالب Dominant <i>Juniperus polycarpus</i>	100.00	100.00	25.00	100.00

جدول ۵- نتایج بررسی صحت نقشه حاصل از اعمال خوارزمی‌ها با نقشه واقعیت زمینی بر اساس سطح تاج پوشش درختان

Table 5. Accuracy assessment results of classified map against ground truth based on the crown trees

حداقل فاصله	حداکثر احتمال	نوع طبقه‌بندی کننده
Minimum distance	Maximum likelihood	Classification algorithm
0.2436	0.4104	شاخص کاپا Kappa coefficient
35.5932	50.8475	صحت کلی (درصد) Overall accuracy (%)

جدول ۶- نتایج بررسی صحت نقشه حاصل از اعمال خوارزمی‌ها با نقشه واقعیت زمینی بر اساس تراکم درختان غالب

Table 6. Accuracy assessment results of classified map against ground truth based on density of dominant trees

حداقل فاصله	حداکثر احتمال	نوع طبقه‌بندی کننده
Minimum distance	Maximum likelihood	Classification algorithm
0.3220	0.5692	شاخص کاپا Kappa coefficient
43.4783	62.6957	صحت کلی (درصد) Overall accuracy (%)

تفکیک طیفی بیشتر، می‌توان به دقت بهتری دست یافت.

با در نظر گرفتن این موارد، علاوه بر به‌کارگیری باندهای اصلی تصویر، با اعمال پردازش‌هایی نظیر نسبت‌گیری طیفی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و عملیات ادغام، باندهای مصنوعی تولید شد و در مراحل بعدی طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. با انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول که دارای بیشترین اطلاعات است به مجموعه باندهای اضافه شد. همچنین برای استفاده هم‌زمان از قابلیت طیفی باندهای چند طیفی و مکانی باند پانکروماتیک، ادغام با چهار روش Brovey, PCA, Gram-Schmidt و IHS برای استفاده و مقایسه داده‌های حاصل در فرآیند طبقه‌بندی انجام شد. استفاده هم‌زمان از داده‌های چند طیفی و پانکروماتیک در فرآیند ادغام تصاویر، تفسیر چشمی داده‌ها را بهبود می‌بخشد، اما موجب تغییر ارزش رقومی در تصویر می‌شود و ناهمگنی طیفی ایجاد می‌کند. نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش‌های (Shaban and Dikshit, 2002, Latifi and Oladi, Bhandari and Hussin, 2003, Palsson et al., 2010, Wenbo et al., 2008, 2006) در خصوص بهبود توان تفسیر داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از عملیات ادغام مطابقت دارد. با هدف انتخاب مناسب‌ترین باندها که در آنها تیپ‌های جنگلی دارای بیشترین تفکیک‌پذیری باشند، یک مجموعه باندهای انتخاب شد. اولین مؤلفه حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، باند مادون‌قرمز نزدیک و شاخص‌های مؤثر در کاهش اثر بازتاب خاک از باندهایی بودند که بهترین نتیجه را داشتند. برخی از این باندها و شاخص‌ها در پژوهش‌های مشابه (Sarouei, 2003, Sivrikaya et al., Gunlu et al., 2008, Naseri, 2003, al., 2006) مورد استفاده قرار گرفته بودند. پس از این

ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق یکی از ذخیره‌گاه‌های مهم کشور، محل تلاقی چند رویشگاه و به‌عبارت‌دیگر مجموعه‌ای از گونه‌های ارزشمند جنگل‌های زاگرس است که با انجام قرق بیشتر از ۳۰ سال، تنوع گونه‌ای آن حفظ شده است. در این پژوهش قابلیت داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست هشت در تهیه نقشه تیپ ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق مورد ارزیابی قرار گرفت. جنگل‌های زاگرس نسبت به جنگل‌های شمال تراکم پایینی دارند و اغلب باز بودن تاج‌پوشش جنگل و به‌دنبال آن تداخل طیفی خاک و کف جنگل با پوشش درختان، موجب می‌شود که مقادیر شاخص کاپا و صحت کلی زیاد نباشند. همچنین از آنجاکه این منطقه حفاظتی و قرق بوده، از تنوع تیپ زیادی برخوردار است که این امر موجب تداخل طیفی کلاس‌های مختلف شده و روی نتایج به‌دست‌آمده اثر می‌گذارند. برای نمونه می‌توان به تشابه بازتاب طیفی گونه ارس با زبان‌گنجشک اشاره کرد. نتایج پژوهش‌های انجام شده (Congalton et al., 2002, Naseri, 2003, Shataei, 2003, Darvishsefat et al., 2004, Ahmadisani, 2005, Latifi, Amini, 2006, Parma and Shataei, 2013, and Oladi, 2006) مؤید این مطلب است که وجود تعداد طبقه‌های زیاد و به‌دنبال آن تداخل طیفی گونه‌ها و خاک می‌تواند صحت طبقه‌بندی را کاهش دهد و با کاهش تعداد طبقه‌ها، صحت طبقه‌بندی افزایش می‌یابد. همچنین درباره اهمیت و ضرورت وجود داده‌های طیفی، نتایج پژوهش‌های انجام شده (Basham May et al., 1997, Ebrahimi, Wang et al., 2004, Held et al., 2003, Yang et al., Parma and Shataei, 2013, 2011, Gao et al., 2015, 2014) نشان داده که در صورت استفاده از این اطلاعات و وجود تصاویری با قدرت

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت که هرچند معیارهای صحت مورد بررسی در این تحقیق درصد زیادی را نشان نمی‌دهند اما با توجه به تنوع بیشتر گونه‌های گیاهی منطقه قرق شده چهارطاق نسبت به جنگل‌های منطقه زاگرس مرکزی، داده‌های چند طیفی ماهواره لندست هشت امکان تهیه نقشه تیپ‌های موجود در منطقه مورد بررسی و جنگل‌های مشابه این منطقه را با دقت متوسطی فراهم می‌کند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود برای بهبود نتایج از داده‌هایی با توان تفکیک طیفی بهتر به همراه اطلاعات طیفی گونه‌های منطقه و دیگر خوارزمی‌های طبقه‌بندی مانند ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی استفاده شود. همان‌طور که در پژوهش انجام‌شده توسط (Ke et al., 2015, Zhang et al., 2017, Quintano et al., 2018) هم‌زمان از داده‌های چند سنجنده برای دستیابی به اطلاعات طیفی، مکانی و زمانی بیشتر استفاده شده است. همچنین استفاده از کتابخانه طیفی همه گونه‌های موجود در منطقه که امکان تفکیک بهتر گونه‌ها را فراهم کند، توصیه می‌شود. علاوه بر موارد بالا پیشنهاد می‌شود از خوارزمی‌های شیء‌گرا نیز برای تفکیک و شناسایی بهتر تیپ‌ها استفاده شود.

References

- Ahmadiyani, N., 2005. Feasibility the capability of ASTER satellite imagery for mapping density in Zagros forests. Msc thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. Tehran, Iran, 85 p. (In Persian)
- Amini, M. R., 2006. Feasibility the trend of changes in forest area and its relation with physiographic and human factors using satellite imagery and GIS. Msc thesis. Faculty of Natural Resources. University of Gorgan. Gorgan, Iran, 144 p. (In Persian)
- Bhandari, S. P. & Y. A. Hussin, 2003. A comparison of sub-pixel and maximum likelihood classification of landsat tm+ images to detect illegal logging in the

مراحل، طبقه‌بندی تصویر با استفاده از خوارزمی‌های حداکثر احتمال و حداقل فاصله از میانگین با انتخاب نمونه‌های تعلیمی با اندازه و پراکنش مناسب صورت گرفت.

نتایج این پژوهش مانند پژوهش‌های مشابه انجام‌شده (Amini, 2006, Latifi and Oladi, 2006, Joibary, Yu et al., 2006, Sivrikaya et al., 2006, Parma and Shataei, 2013, et al., 2007) نشان داد که از میان خوارزمی‌های طبقه‌بندی، خوارزمی حداکثر احتمال پدیده‌ها را نسبت به دیگر خوارزمی‌ها با دقت بیشتری طبقه‌بندی می‌کند. ضمن اینکه در بسیاری از پژوهش‌ها، خوارزمی حداکثر احتمال به‌عنوان دقیق‌ترین و رایج‌ترین خوارزمی طبقه‌بندی کننده معرفی شده است (Minaei and Kainz, 2016).

از آنجایی که مقادیر شاخص کاپا و صحت کلی برای نقشه طبقه‌بندی‌شده تیپ منطقه بر اساس تراکم درختان غالب بیشتر از همان مقادیر برای نقشه طبقه‌بندی‌شده بر اساس سطح تاج‌پوشش درختان است، می‌توان چنین نتیجه گرفت که نقشه تیپ تهیه‌شده بر اساس تراکم درختان غالب مطابقت بیشتری با واقعیت زمینی دارد و با درصد صحت کلی بیشتری می‌تواند بیانگر تیپ منطقه مورد بررسی باشد.

- tropical rain forest of Berau. Proceedings of Map Asia Conference, east Kalimantan, Indonesia.
- Chrysafis, I., G. Mallinis, I. Gitas & M. Tsakiri-Strati, 2017. Estimating Mediterranean forest parameters using multi seasonal Landsat 8 OLI imagery and an ensemble learning method, *Remote Sensing of Environment*, 199: 154-166.
- Congalton, R. G., K. Birch, R. Jones & J. Schriever, 2002. Evaluating remotely sensed techniques for mapping riparian vegetation, *Computers and Electronics in Agriculture*, 37(1-3): 113-126.
- Darvishsefat, A. A., M. Abbasi & M. R. Marvi mohajer, 2009. Investigating the Possibility of Preparing the *Fagus*

- Orientalis* Map Using ETM + Data (Case Study: Kheyrod Forest of Noshahr), *Forestry Journal of Iran, Iranian Foresters Association*, 1(2): 105-113. (In Persian)
- Darvishsefat, A. A., P. Fatehi, A. Khalilpour & A. Farzaneh, 2004. Comparison of SPOT5 and Landsat7 for forest area mapping. Proceedings of XX the ISPRS Congress, Istanbul, Turkey.
 - Das, S. & T. P. Singh, 2013. Mapping Vegetation and Forest Types using Landsat TM in the Western Ghat Region of Maharashtra, India, *International Journal of Computer Applications*, 76(1): 30-37.
 - Ebrahimi, G. h., 2011, Mapping of forest type using by satellite data. Msc theseis. Faculty of Natural Resources. University of Kordestan. Kordestan, Iran, 68 p. (In Persian)
 - Gao, T., J. Zhu, X. Zheng, G. Shang, L. Huang & S. Wu, 2015. Mapping Spatial Distribution of Larch Plantations from Multi-Seasonal Landsat-8 OLI Imagery and Multi-Scale Textures Using Random Forests, *Remote Sensing*, 7(2): 1702-1720.
 - Gunlu, A., F. Sivrikaya, E. Z. Baskent, S. Keles, G. Çakir & A. İ. Kadiogullari, 2008. Estimation of stand type parameters and land cover using Landsat-7 ETM image: A case study from Turkey, *Sensors*, 8(4): 2509-2525.
 - Hamidi, S. K., M. Namiranian, J. Feghhi & M. Shabani, 2015. Comparison of land inventory and using of Ikonos image in Google Earth database to estimate quantity characteristics of urban forest (Case study: Iran; Sari city, *Forest Research and Development*, 1(1): 85-94. (In Persian)
 - Held, A., C. Ticehurst, L. Lymburner & N. Williams, 2003. High resolution mapping of tropical mangrove ecosystems using hyperspectral and radar remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, 24(13): 2739-2759.
 - Jahanbazi, H., A. Karouri, M. Talebi & M. Khoshnevis, 1999. Investigation of *Juniperus polycarpus* ecophysiological studies in Chaharmahal va Bakhtiari province. Final report of the research project of Natural Resources and Animal Sciences Research Center of Chaharmahal and Bakhtiari province, 78 p. (In Persian)
 - Joibary, S. S., A. A. Darvishsefat & T. W. Kellenberger, 2007. Forest type mapping using incorporation of spatial models and ETM+ data, *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 10(14): 2292-2299.
 - Ke, Y., J. Im, J. Lee, H. Gong & Y. Ryu, 2015. Characteristics of Landsat 8 OLI-derived NDVI by comparison with multiple satellite sensors and in-situ observations, *Remote Sensing of Environment*, 164: 298-313.
 - Latifi, H. & D. Oladi, 2006. Evaluating Landsat ETM+ Data Capability to Produce Forest Cover Type Maps in the Timberline of Northern Forests of Iran, *Taiwan Journal of Forest Science*, 21(3): 363-75.
 - Basham May, A. M., J. E. Pinder & G. C. Kroh, 1997. A comparison of Landsat Thematic Mapper and SPOT multi-spectral imagery for the classification of shrub and meadow vegetation in northern California, USA, *International Journal of Remote Sensing*, 18(18): 3719-3728.
 - Mei, A., C. Manzo, G. Fontinovo, C. Bassani, A. Allegrini & F. Petracchini, 2016. Assessment of land cover changes in Lampedusa Island (Italy) using Landsat TM and OLI data, *Journal of African Earth Sciences*, 122: 15-24.
 - Minaei, M. & W. Kainz, 2016. Watershed Land Cover/Land Use Mapping Using Remote Sensing and Data Mining in Gorganrood, Iran, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(5):57-69.
 - Najafzadeh, A., M. Erfanian, A. Alijanpour & S. Babaei Hesar, 2017. Recovering missing pixels for a Landsat SLC-off image using Weighted Linear Regression and accuracy assessment of land cover map (Case study: Khoy region, Northwest Iran), *Journal of Forest Research and Development*, 3(3): 275-289. (In Persian)
 - Naseri, F., 2003, Classification of forest types and estimation of their quantitative characteristics using satellite data in dry and semi-arid forests. PhD thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. Tehran, Iran, 155 p. (In Persian)
 - Palsson, F., J. R. Sveinsson, J. A. Benediktsson & H. Aanæs, 2010. Image fusion for classification of high resolution images based on mathematical morphology. Proceedings of In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 492-495.
 - Parma, R. & Sh. Shataei, 2013, Comparison of Forest Types Using Artificial Neural Network and ETM + Data, *Journal of*

- Natural Ecosystems of Iran*, 3(3): 13-15. (In Persian)
- Quintano, C., A. Fernández-Manso & O. Fernández-Manso, 2018. Combination of Landsat and Sentinel-2 MSI data for initial assessing of burn severity, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(4): 221-225.
 - Raesei, F., A. Asadi & J. Mohammadi, 2005, Long-term grazing effect on the dynamics of litter carbon in Sabzkouh rangeland ecosystems of Chaharmahal and Bakhtiari province, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9(3): 1-11. (In Persian)
 - Yang, X., N. Rochdi, J. Zhang, J. Banting, D. Rolfson, C. King, K. Staenz, S. Patterson & B. Purdy, 2014. Mapping tree species in a boreal forest area using RapidEye and Lidar data. Proceedings of Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International.
 - Sarouei, S., 2003, Investigating the possibility of forest classification using by density in Zagros forests using satellite data. Msc thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. Tehran, Iran, 122 p. (In Persian)
 - Shaban, M. A. & O. Dikshit, 2002. Evaluation of the merging of SPOT multispectral and panchromatic data for classification of an urban environment, *International Journal of Remote Sensing*, 23(2): 249-262.
 - Shataei, Sh., 2003. Investigating the possibility of preparing forest types maps using satellite data (Case study of Kheyroudkenar Forest and Research Forest of Noshahr). PhD thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. Tehran, Iran, 202 p. (In Persian)
 - Sivrikaya, F., S. Keleş, G. Çakır, E. Z. Başkent & S. Köse, 2006. Comparing accuracy of classified Landsat data with land use maps reclassified from the stand type maps. Proceedings of 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, pp. 643-652.
 - Wang, L., W. P. Sousa & P. Gong, 2004. Integration of object-based and pixel-based classification for mapping mangroves with IKONOS imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 25(24): 5655-5668.
 - Wenbo, W., Y. Jing & K. Tingjun, 2008. Study of remote sensing image fusion and its application in image classification: The International Archives of the Photogrammetry, *The international archives of the photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(B7): 1141-1146.
 - Xiao, X., S. Boles, J. Liu, D. Zhuang & M. Liu, 2002. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data, *Remote Sensing of Environment*, 82(2-3): 335-348.
 - Yu, Q., P. Gong, N. Clinton, G. Biging, M. Kelly & D. Schirokauer, 2006. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(7): 799-811.
 - Zhang, Y., X. Li, F. Ling, P. M. Atkinson, Y. Ge, L. Shi & Y. Du, 2017. Updating Landsat-based forest cover maps with MODIS images using multiscale spectral-spatial-temporal superresolution mapping, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 63: 129-142.
 - Zhu, X. & D. Liu, 2014. Accurate mapping of forest types using dense seasonal Landsat time-series, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 9(6): 1-11.

Determination of the most suitable method for forest type mapping in central Zagros using landsat-8 satellite Images

Y. Lohrabi¹, M. Abbasi², A.Soltani³, H. R. Riyahi Bakhtyari^{*2}

1- M.Sc. student of of Forestry, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran.

2- Assistant Professor, Department of Forest sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran.

3- Associate Professor, Department of Forest sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekord University, Shahrekord, I. R. Iran.

Received: 30.11.2017

Accepted: 22.01.2018

Abstract

The forest type map is one of the most important thematic maps for forest ecosystem management. Forest mapping using field methods or aerial photos is labor-intensive and time consuming. In contrast, satellite data with its own characteristics like large and repetitive coverage, update and useful information in various wavelengths provides a good opportunity in this regard. This research was carried out with the aim of providing forest type map of central Zagros forests (Chahartagh forest reservoir), of Iran, using the Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) data, in August 2016. Two ground-truth maps based on tree density and tree crown area were prepared by field surveying. Moreover, ancillary data such as tree species, location and crown area was taken. In order to increase the spatial resolution of multispectral bands, various image fusion techniques were applied. The best result obtained by the maximum likelihood algorithm with kappa coefficient and overall accuracy values of 57 and 63%, respectively. Due to high species diversity in this area the results showed that the OLI images have a moderate capability to produce forest type maps in Zagros forest.

Keywords: Landsat-8 images, Chahartagh forest reservoir, Classification, Forest type map.

* Corresponding author:

Email: Reza_reyahi@yahoo.com