

ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای ETM+ و LISSIII در تهیه نقشه تراکم جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه)

روح الله پرما^{۱*}، شعبان شتایی^۲، جواد سوسنی^۳
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۱

چکیده

به منظور ارزیابی و مقایسه تصاویر ماهواره‌ای ETM+ و LISSIII در تهیه نقشه تراکم تاج پوشش در جنگل‌های زاگرس، پنجره‌ای از تصاویر چندطیفی و پانکروماتیک سنجنده های ETM+ ماهواره Landsat7 و LISSIII ماهواره IRS-P6 از جنگل‌های قلاجه استان کرمانشاه انتخاب گردید. پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی و مجموعه باندهای مناسب، اقدام به طبقه‌بندی داده‌ها به روش نظارت‌شده و با استفاده از روش‌های حداقل فاصله از میانگین، الگوریتم حداکثر تشابه و متوازی‌السطوح انجام گردید. نتایج ارزیابی نشان داد که میزان صحت کلی و ضریب کاپا برای چهار طبقه تراکمی برای تصاویر ETM+، به ترتیب ۵۲٪ و ۰/۲۵ و برای تصاویر LISSIII، ۶۱٪ و ۰/۳۲ بود. به دلیل عدم تفکیک‌پذیری مناسب طبقات ۱ و ۲ و همچنین طبقات ۳ و ۴ با هم ادغام و مقدار صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب معادل ۷۱٪ و ۰/۳۹ برای ETM+ و ۷۵٪ و ۰/۴۶ برای LISSIII با استفاده از باندهای اصلی به دست آمد. باز بودن تاج پوشش و همچنین اختلاط بازتاب خاک و پوشش گیاهی در این منطقه مانع از دستیابی به نتایج مطلوب‌تر گردید. نتایج نشان‌دهنده قابلیت نسبتاً بهتر داده‌های سنجنده LISSIII در مقایسه با ETM+ می‌باشد و انجام تحقیقات مشابه در مناطق مختلف و استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک طیفی بالاتر توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مقایسه، ETM+، LISS III، حداکثر تشابه، تراکم، جنگل‌های زاگرس

^۱ - دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

* نویسنده مسئول: Email: parma.rohollah@gmail.com

^۲ - دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ - استادیار گروه جنگلداری دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

مقدمه

جنگل‌های زاگرس از جمله مناطق مهم و باارزش منابع طبیعی کشور ایران است که وسعتی بالغ بر یک پنجم سطح و جمعیتی حدود یک سوم جمعیت کل کشور را در خود جای داده است. تعداد گونه‌های درختی و درختچه ای بالغ بر ۱۹۰ گونه، در سطح ۵/۲ میلیون هکتار این جنگل‌ها وجود دارد (۶). فراهم آوردن اطلاعات موضوعی مختلف مرتبط با جنگل، لازمه هر گونه برنامه ریزی و مدیریت پایدار جنگل می باشد تا هدف حفظ و احیاء و استمرار تولید در جنگل تحقق یابد. جنگل‌های زاگرس سطح قابل توجهی از جنگل‌های ایران را تشکیل داده و به دلیل با ارزش بودن از نظر حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش خاک نیازمند برنامه ریزی دقیق و کسب اطلاعات به هنگام از این منابع می باشند. از آنجا که استفاده از روش‌های معمول جهت طبقه‌بندی تراکمی، در شرایط جنگل‌های زاگرس از نظر شرایط پستی و بلندی و گستره زیاد آن، با صرف وقت و هزینه زیاد همراه می‌باشد. لذا استفاده از روش‌هایی که این امکان را با صرف زمان و هزینه کمتر فراهم کند ضروری به نظر می‌رسد. (۱). از طرفی استفاده از داده های سنجش از دور در صورت کسب نتایج قابل قبول نسبت به روش‌های رایج و مرسوم، مفید و بصره تر بوده و در مطالعات زیادی به نحو خوبی از این داده ها بهره برداری شده است. به هر حال تهیه نقشه تراکم جنگل در هر منطقه با مقیاس وسیع می‌تواند اطلاعات مکانی از وضعیت پوشش گیاهی منطقه را فراهم نموده که یک امر ضروری جهت مطالعات

فیتوسوسیولوژی^۱ تیپ‌های مختلف جنگلی و تشخیص تنوع و پراکنش گونه ای بوده و همچنین از استراتژی‌های مهم حفاظتی طرحها می‌باشد (۱۰، ۱۴، ۱۶ و ۲۶). امروزه تصاویر ماهواره‌ای زیادی با قدرت تفکیکهای طیفی، مکانی، رادیومتری و زمانی متفاوت توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای مختلف دریافت می‌گردند. بکارگیری این تصاویر برای منظورهای مختلف نیازمند بررسی قابلیت‌های آنها در زمینه‌های مختلف می‌باشد. داده های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ و داده‌های سنجنده LISSIII ماهواره IRS-P6 از جمله تصاویری هستند که در زمینه های مختلفی قابلیت آنها مورد بررسی قرار گرفته است. Amini (2006) در ارزیابی سنجنده LISSIII ماهواره IRS-1C و سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ و در بررسی تغییرات جنگل‌های زاگرس و با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه توانست جنگل و غیر جنگل را از هم تفکیک نموده و به این نتیجه رسید که داده‌های LISSIII نسبت به ETM+ دارای قابلیت بهتری هستند. Shataee *et al.*, (2007) در تحقیقی جهت تعیین گستره جنگل در جنگل‌های گرگان، با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه به این نتیجه رسیدند که داده‌های LISSIII ماهواره IRS-1D نسبت به ETM+ ماهواره لندست دارای قابلیت بیشتری هستند. Saroei (1999) با استفاده از داده‌های TM، جنگلهای زاگرس را در چهار طبقه تراکمی خیلی تنک، تنک، نیمه انبوه و انبوه

¹ - Phytosociology

کرمانشاه، اقدام به طبقه بندی چهار طبقه تراکمی خیلی تنک (۹-۵٪)، تنک (۲۵-۹٪)، نیمه انبوه (۲۵-۵۰٪) و انبوه (۷۵-۵۰٪) نمود که به دلیل عدم تفکیک پذیری طبقات خیلی تنک با تنک و همچنین طبقات نیمه انبوه با انبوه، این طبقات در هم ادغام و طبقه بندی برای دو طبقه تراکمی تنک و نیمه انبوه با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال تکرار گردید و میزان صحت کلی ۶۷٪ برای ETM+ و ۷۹٪ برای LISSIV به دست آورد.

Roy *et al.*, (1998) در چهار طبقه تراکمی (۲۰-۱۰٪، ۴۰-۲۰٪، ۶۰-۴۰٪، ۸۰-۶۰٪ و ۸۰٪ <) و با استفاده از داده‌های TM، جنگل‌های خزان کننده هند طبقه بندی و صحت کلی ۹۰٪ را به دست آوردند. Kumar *et al.*, (2002) در تحقیقی جهت تهیه نقشه تیپ در جنگل‌های حفاظت شده پولیان جولای^۱ هند با استفاده از تصاویر IRS1C - LISSIII و Landsat TM پلات‌های ۲۰×۲۰ متر، تیپ‌های جنگلی همیشه سبز و تیپ‌های خزان کننده را از یکدیگر تفکیک نمودند. Scott and Stuart (2004) در استفاده از داده‌های TM جهت تهیه نقشه تراکمی جنگل‌های جنوب غربی آریزونا با استفاده از الگوریتم نزدیکترین همسایه^۲ به این نتیجه رسیدند که بهتر است از داده‌های TM در مدیریت جنگل‌های مناطق خشک استفاده شود. Günlü *et al.*, (2008) با هدف تهیه نقشه پوشش گیاهی در جنگل‌های ترکیه و در ناحیه شرقی دریای سیاه از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ استفاده

طبقه بندی نموده و به صحت کلی ۴۵٪ و ضریب کاپای ۰/۲۵ رسید که پس از ادغام طبقات ۲ و ۳، طبقه‌بندی برای ۳ طبقه تراکمی تکرار و صحت کلی ۷۰٪ و ضریب کاپای ۰/۴۵ حاصل شد. Saei (2003) با استفاده از داده‌های ETM+ اقدام به طبقه‌بندی ۴ طبقه غیرجنگل، ۴۰-۵٪، ۷۰-۴۱٪ و ۱۰۰-۷۱٪ با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه نمود که میزان صحت کلی ۸۳٪ و ضریب کاپای ۰/۷۵ را به دست آورد. Thiefi (2006) به منظور تخمین طبقات تراکمی تاج پوشش جنگل با استفاده از داده‌های ETM+ در حوزه آبخیز هراز، از مدل FCD بهره برده و صحت کلی ۸۱٪ و ضریب کاپای ۰/۶۵ به دست آمد. Ahmadi Sani (2005) از تصاویر سنجنده ASTER برای طبقه‌بندی چهار طبقه تراکمی ۱۰-۵٪، ۲۵-۵۰٪، ۵۰-۷۵٪ و ۷۵-۵۰٪ در منطقه مریوان استفاده کرد که نتایج نشان‌دهنده صحت کلی ۶۸٪ و ضریب کاپای ۰/۵۱ می‌باشد.

Latifi *et al.*, (2007) در ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌های ETM+ جهت تهیه نقشه طبقات پوششی جنگل در منطقه نکا-ظالم رود استان مازندران با ادغام باندهای اصلی و پانکروماتیک و با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه به صحت کلی ۶۷٪ و ضریب کاپای ۰/۴۳ رسیدند. Naseri (2003) در طبقه‌بندی تراکمی جنگل‌های خشک و نیمه خشک کرمان، با استفاده از الگوریتم حداقل فاصله از میانگین، صحت کلی ۶۶٪ و ضریب کاپای ۰/۳ را به دست آوردند. Abdolahi (2008) در مقایسه داده‌های ETM+ و LISSIV جهت طبقه بندی تراکمی جنگل‌های جوانرود استان

¹ - Puliyanjolai

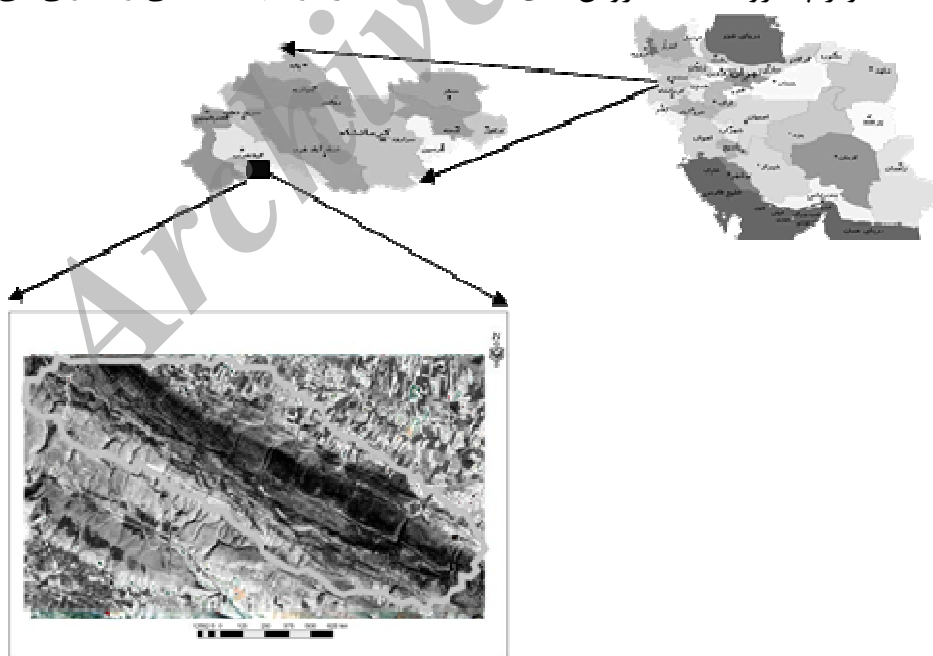
² - Nearest Neighbor

متداول نیز از اهداف فرعی این تحقیق محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحتی بیش از ۲۱۱۰ هکتار از جنگل‌های قلاجه واقع در استان کرمانشاه با طول جغرافیایی $46^{\circ} 18' 05''$ تا $46^{\circ} 22' 18''$ و عرض جغرافیایی $33^{\circ} 34' 26''$ تا $34^{\circ} 01' 26''$ و در دامنه ارتفاعی ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱)، که بر حسب طبقه بندی دومارتن اقلیم سرد و نیمه مرطوب دارد. منطقه مورد مطالعه در وضعیت فعلی، جنگلی است دواشکوبه، که در اشکوب بالا درختان و درختچه‌ها و در اشکوب پایین بوته‌های کوتاه‌تر از یک متر قرار دارند. جهت کلی منطقه مورد مطالعه در دو جهت شمالی و جنوبی می‌باشد.

نمودند. نتایج آن تحقیق، نشاندهنده صحت کلی ۹۲٪ برای پوشش اراضی بود و نتیجه‌گیری کرد که داده‌های سنجنده ETM+ در سطح قابل قبولی جهت تعیین پوشش اراضی هستند. Giri and Long (2014) در تهیه نقشه پوشش اراضی آمریکای جنوبی و طبقه بندی آن با استفاده از داده های لندست ۷، میزان صحت کلی ۸۹٪ و ضریب کاپای ۰/۷۹ را به دست آوردند و نتایج نشاندهنده قابلیت استفاده از این داده ها در مدیریت منابع طبیعی دارد. با توجه به مطالب بیان شده، این تحقیق به دنبال بررسی قابلیت داده های سنجنده ETM+ و LISSIII در تفکیک طبقات تراکمی جنگل‌های زاگرس می باشد. ضمن اینکه هر دو ماهواره دارای تصاویر پانکروماتیک می باشند و بررسی قابلیت تصاویر ادغام شده چندطیفی با تصاویر پانکروماتیک به روش های



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کرمانشاه

داده‌های ماهواره‌ای:

در این تحقیق از داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ به شماره گذر ۱۶۷ و ردیف ۳۶ مربوط به تاریخ ۷ مرداد ماه ۱۳۸۱ و داده‌های سنجنده LISS III ماهواره IRS-P6 به شماره گذر ۶۵ و ردیف ۴۶ مربوط به ۷ مهرماه ۱۳۸۵ استفاده گردید. اندازه تفکیک مکانی در باندهای طیفی سنجنده ETM+ معادل ۳۰ متر و در باند PAN معادل ۱۵ متر و همچنین در باندهای طیفی سنجنده LISS III معادل ۲۳/۵ متر و در باند سیاه و سفید معادل ۵/۸ متر می‌باشد. ضمن اینکه از باند ۶ سنجنده ETM+ به دلیل عدم کارایی ویژگی‌های حرارتی در برآورد مشخصه‌های کمی جنگل و همچنین اندازه تفکیک بزرگ آن استفاده نشده است. همچنین در این تحقیق نرم افزارهای ArcGIS9.1، PCA، Geomatica8 و Idrisi Kilimanjaro استفاده شد.

تهیه اطلاعات زمینی:

در این تحقیق از روش نمونه‌برداری سیستماتیک در دو دامنه شمالی و جنوبی استفاده شد که ابعاد شبکه آماربرداری به دلیل تغییرات شدید فیزیوگرافی و همچنین تنوع گونه‌ای، ۲۰۰ × ۴۵۰ متر تعیین گردید. ابعاد قطعات نمونه ۶۰ × ۶۰ متر بوده و مرکز هر پلات با استفاده از GPS ثبت گردید و اطلاعات نوع گونه، قطر برابر سینه تمامی گونه‌های بزرگتر از ۲/۵ سانتیمتر، قطر تاج در دو جهت شمالی- جنوبی و غربی- شرقی، ارتفاع درختان شاهد و مشخصات فیزیوگرافی قطعات نمونه مثل شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا در

فرم‌های آماربرداری ثبت و در نهایت تعداد ۱۱۴ قطعه نمونه پیاده گردید.

تعیین نوع طبقه تراکمی در نقشه واقعیت زمینی:

در جنگل‌های مورد مطالعه به دلیل ناچیز بودن قطر برابر سینه درختان نمی‌توان از این مشخصه در تعیین نوع طبقه تراکمی بهره برد (۲۱). با مدنظر قرار دادن این مطلب که بازتاب عمده ثبت شده توسط تصاویر ماهواره‌ای مربوط به تاج پوشش می‌باشد، از مشخصه درصد تاج پوشش استفاده شد که بدین منظور با محاسبه درصد تاج پوشش برای گونه‌های مختلف و محاسبه درصد فراوانی آنها در قطعات و میزان غلبه تاج هر یک از گونه‌ها، طبقه تراکمی در هر قطعه نمونه مشخص گردید. در این تحقیق بر اساس تعریف سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور طبقات تراکمی منطقه مورد مطالعه در طبقات خیلی تنک (۹-۵٪)، تنک (۲۵-۱۰٪)، نیمه انبوه (۵۰-۲۶٪) و انبوه (۷۵-۵۱٪) تفکیک شدند (۳). نقشه برداری واقعیت زمینی نمونه‌ای در محیط GIS برای هماهنگی با تصاویر ماهواره‌ای به فرمت رستری و با ابعاد پیکسل ۵ متر تبدیل گردید.

بررسی کیفیت رادیومتری و هندسی داده‌های ماهواره‌ای:

آگاهی داشتن از وضعیت هندسی و رادیومتری داده‌های مورد استفاده قبل از بکارگیری آنها بسیار ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین تصاویر از لحاظ وجود خطاهای رادیومتری نظیر خطاهای حاصل از عدم ثبت داده‌ها توسط سنجنده‌ها، خطاهای ناشی از کالیبراسیون نابرابر آشکارسازها همانند راه راه شدگی،

مجدد با اندازه پیکسل تصویر معادل ۵ متر اعمال گردید.

پردازش تصاویر:

به منظور آشکارسازی بهتر خصوصیات پوشش گیاهی جهت طبقه‌بندی، باندهای مصنوعی متعددی با انجام پردازش‌های مختلف بر روی باندهای اصلی شامل نسبت گیری، تجزیه مؤلفه‌های اصلی^۴، تبدیل تسلدکپ^۵ و ایجاد شاخص‌های گیاهی^۶ تهیه و بکار گرفته شدند. همچنین به منظور استفاده توأمان از قابلیت طیفی تصاویر چند طیفی و مکانی تصویر پانکروماتیک، ادغام به دو روش Pansharپ و IHS جهت استفاده و مقایسه در فرآیند طبقه‌بندی صورت گرفت.

طبقه‌بندی:

برای انتخاب نمونه‌های تعلیمی، ۲۵ درصد از قطعات نمونه از هر طبقه تراکمی از کل قطعات نمونه آماربرداری شده به صورت تصادفی انتخاب گردیدند. طبقات تراکمی خیلی تنک، تنک، نیمه انبوه و انبوه به ترتیب ۱۸، ۴۲، ۳۴ و ۲۰ قطعه نمونه را شامل می‌شود. بنابراین تعداد نمونه‌های تعلیمی برای این طبقات تراکمی به ترتیب ۵، ۱۱، ۹ و ۵ قطعه نمونه می‌باشد. با استفاده از نشانه‌های طیفی استخراج شده برای هر طبقه تراکمی در باندهای مورد استفاده، مناسب‌ترین باندها با استفاده از شاخص تفکیک پذیری واگرایی^۷ تبدیل شده انتخاب گردیدند. پردازش و تقلیل باندها بخصوص در مورد تصاویر با تعداد باندهای بالا یکی از جدی‌ترین

خطاهای متأثر از شرایط جوی و خطاهای حاصل از توپوگرافی و همچنین خطاهای ناشی از نوردهی در جهات مختلف از طریق نمایش تصویر مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به اینکه بخشی از خطاهای هندسی داده‌های ماهواره‌ای در مراحل آماده‌سازی و پردازش داده‌ها در ایستگاه‌های کنترل زمینی تصحیح می‌شوند اما لازم است به منظور زمین مرجع نمودن آنها با یک مرجع زمینی (نقشه یا تصویر)، داده‌ها مجدداً از طریق روش‌های تطابق تا حد ممکن تصحیح شوند. جهت از بین بردن خطای هندسی تصاویر، از یک تصویر زمین مرجع شده ETM+ منطقه مورد مطالعه مربوط به ماه می ۲۰۰۲ که قبلاً مورد تطابق هندسی ضمن رفع اثر خطای جابجایی ناشی از توپوگرافی^۱ قرار گرفته بود به عنوان مبنا استفاده گردید و از طریق تطابق هندسی تصویر با تصویر^۲ و با گرفتن نقاط کنترل زمینی^۳ مورد تصحیح هندسی قرار گرفتند. در این تحقیق از روش غیر پارامتری چندجمله‌ای درجه دوم و الگوریتم نزدیکترین همسایه استفاده گردید و تصاویر ETM+ با تعداد ۵۵ نقطه کنترل زمینی و RMSE برابر ۰/۵۱ در جهت محور X و ۰/۴۸ در جهت محور Y زمین مرجع شدند. تصاویر سنجنده LISS-III نیز از همان مبنا استفاده و با تعداد ۳۴ نقطه کنترل زمینی و با RMSE برابر ۰/۶۷ در جهت محور X و ۰/۵۸ در جهت Y زمین مرجع گردیدند. به منظور یکسان‌سازی و استخراج بهتر اطلاعات، نمونه‌گیری

⁴ - Principal Component Analysis

⁵ - Tasseled Cap Transformation

⁶ - Vegetation Index

⁷ - Transformed Divergence

¹ - Orthorectification

² - Image to Image

³ - Ground Control Points

حاصل از طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده با نقشه واقعیت زمینی در طبقات و روش‌های بکار گرفته شده، میزان صحت آنها مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

پس از انجام تصحیح هندسی، با قرار دادن لایه وکتوری جاده روی تصویر مورد نظر از صحت انجام تصحیح هندسی اطمینان حاصل گردید.

جدول ۱ - باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده و باندهای انتخابی سنجنده ETM+ برای طبقه‌بندی ۴

و ۲ طبقه

باندهای مورد استفاده	باندهای انتخاب شده	
Ratio, DVI, NDVI, PVI, SAVI, MSAVI2, MSAVI1, TSAVI2, TSAVI1, WDVI, Brightness, Greenness, AVI, PCA1-6, PCA123, PCA457, Pansharp1-6, IHS123, ETM1 - 7,	PVI, Greenness, TSAVI2, ETM1, ETM3, WDVI, NDVI	چهار طبقه
	PVI, TSAVI2, AVI, DVI, PCA123, MSAVI2, NDVI	دو طبقه

جدول ۲ - باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده و باندهای انتخابی سنجنده LISSIII برای طبقه‌بندی

۴ و ۲ طبقه

باندهای مورد استفاده	باندهای انتخاب شده	
Ratio, DVI, AVI, NDVI, PVI, SAVI, MSAVI2, MSAVI1, TSAVI1, TSAVI2, WDVI, PCA1-6, PCA123, PCA457, Pansharp1-4, IHS123, Band 2-5	PVI, AVI, DVI, NDVI, MSAVI2, TSAVI1, PCA45	چهار طبقه
	Band3, Band4, AVI, PVI, NDVI, TSAVI2, MSAVI2	دو طبقه

با توجه به اینکه در این مناطق بازتاب حاصل از پدیده‌های غیر از پوشش گیاهی باعث اختلاط طیفی با بازتاب حاصل از پوشش گیاهی

مراحل پیش‌پردازش برای طبقه بندی خواهد بود (۱۵). همچنین بر اساس قاعده‌ای که به قانون هیوز^۱ مشهور است با بالا رفتن تعداد باندها از یک حد خاص دقت طبقه بندی سیر نزولی خواهد داشت (۱۲). علاوه بر باندهای اصلی (چند طیفی و پانکروماتیک) از مجموعه باندهای ایجاد شده تعداد ۷ باند به عنوان باندهایی که بر اساس معیار واگرایی تبدیل شده طبقات تراکمی در آنها دارای بیشترین تفکیک پذیری بودند، انتخاب شدند. معیار فوق کمترین اختلاف را برای جفت باندها در یک مجموعه در نظر می‌گیرد. پس از انتخاب بهترین باندها اقدام به طبقه‌بندی بر اساس چهار طبقه تراکمی خیلی تنک (۹-۵٪)، تنک (۲۵-۹٪)، نیمه انبوه (۵۰-۲۵٪) و انبوه (۷۵-۵۰٪) با الگوریتم حداکثر تشابه گردید. ارزیابی صحت نتایج با استفاده از ۷۵ درصد قطعات نمونه صورت گرفت و جدول خطا تشکیل گردید.

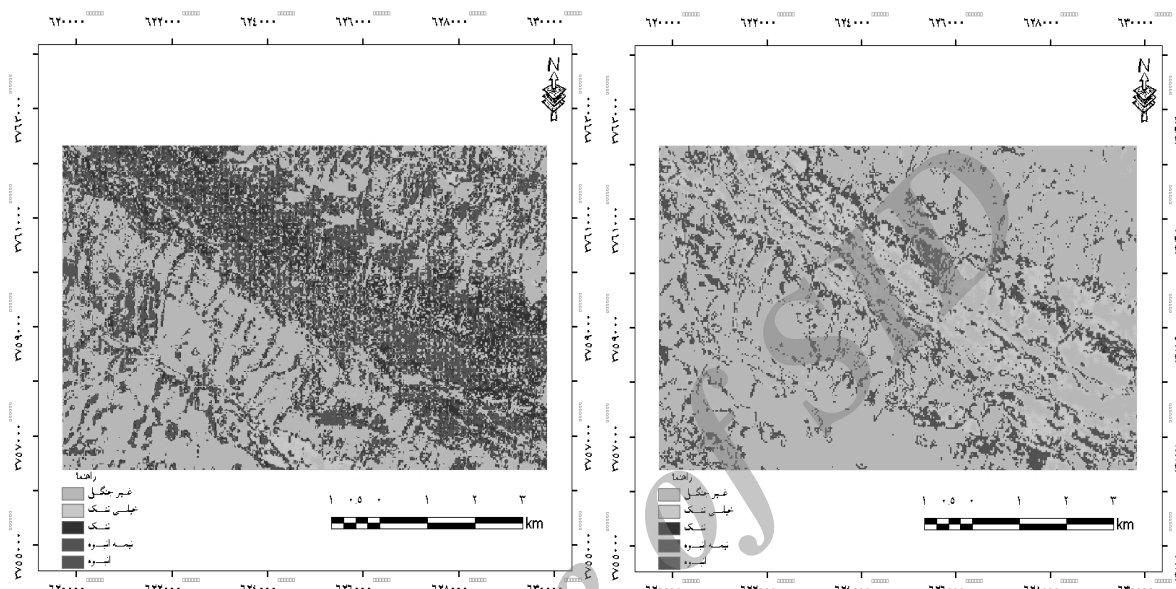
با توجه به نتایج بررسی تفکیک پذیری طبقات مبنی بر پایین بودن تفکیک پذیری بین دو طبقه خیلی تنک و تنک و همچنین طبقات نیمه انبوه و انبوه با هم، این طبقات با یکدیگر ادغام و طبقه‌بندی برای دو طبقه خیلی تنک تا تنک (۲۵-۵٪) و نیمه انبوه تا انبوه (۷۵-۲۵٪) تکرار گردید. به منظور بهبود نتایج طبقه‌بندی و همچنین افزایش توان تفسیر بصری داده‌ها و با توجه به ابعاد تبدیل شده ۵×۵ متر پیکسل‌ها از فیلتر نما^۲ با ابعاد ۷×۷ استفاده گردید. در نهایت جهت مقایسه نتایج

¹ - Hughes

² - Mode

احتمال ۹۵٪ و بهترین ترکیب باندی برای هر دو طبقه تراکمی جنگل، در اشکال ۲ و ۳ آورده شده است.

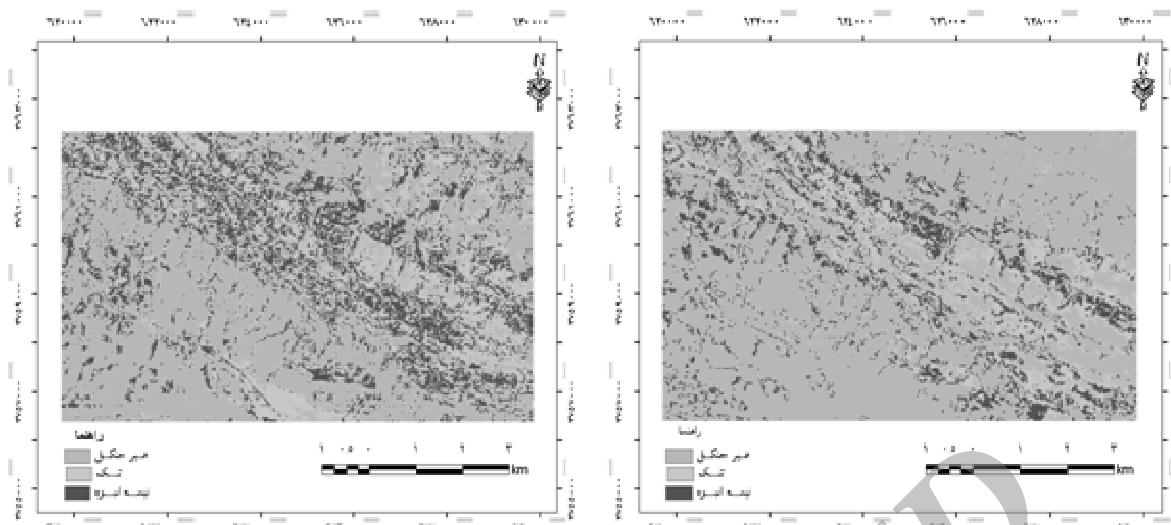
می‌گردد از شاخص‌هایی مثل PVI، MSAVI2 و TSAVI2 در جهت کاهش این اثرات استفاده گردید. بهترین نتایج طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم حداکثر تشابه و در نظر گرفتن سطح



شکل ۲- الف) طبقه‌بندی با چهار طبقه تراکم با استفاده از سنجنده ETM+ (ب) طبقه‌بندی با چهار طبقه تراکم با استفاده از سنجنده LISSIII

۱ و ۲ و همچنین طبقات ۳ و ۴ با هم ادغام گردید و طبقه‌بندی بر اساس چهار مجموعه باندی شامل باندهای اصلی، باندهای انتخابی، باندهای حاصل از ادغام به روش‌های Pansharپ و IHS و از هر دو سنجنده مورد استفاده و با اعمال الگوریتم‌های حداکثر تشابه و متوازی‌السطوح انجام شد. این طبقه‌بندی برای باندهای هر دو سنجنده انجام گردید که بهترین نتیجه مربوط به طبقه‌بندی کننده حداکثر تشابه با استفاده از باندهای اصلی بود که نقشه حاصل از آن در شکل ۳ آورده شده است.

طبقه‌بندی با چهار طبقه تراکمی جنگل: طبقه‌بندی بر اساس چهار مجموعه باندی شامل باندهای اصلی، باندهای انتخابی، باندهای حاصل از ادغام به روش‌های Pansharپ و IHS از هر دو سنجنده مورد استفاده و با اعمال الگوریتم‌های حداکثر تشابه و متوازی‌السطوح انجام شد. پس از ارزیابی صحت مشخص گردید که بهترین نتیجه مربوط به طبقه‌بندی حداکثر تشابه و با استفاده از باندهای انتخابی بود. طبقه‌بندی با دو طبقه تراکمی جنگل: با توجه به نتایج تفکیک پذیری طبقات و همچنین نتایج طبقه‌بندی با ۴ طبقه، طبقات



شکل ۳- الف) طبقه‌بندی با دو طبقه تراکم با استفاده از سنجنده ETM+ (ب) طبقه‌بندی با دو طبقه تراکم با استفاده از سنجنده LISSIII

حداکثر تشابه برای سنجنده ETM+ در جدول ۳ و برای سنجنده LISSIII در جدول ۴ آورده شده است:

نتایج حاصل از ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی با طبقه‌های مختلف با نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای طبقات و با استفاده از مجموعه‌های مختلف و با طبقه‌بندی کننده

جدول ۳- صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه‌بندی ۴ و ۲ طبقه تصویر ETM+

باند‌های مورد استفاده		** دو طبقه	** چهار طبقه
		صحت کلی و ضریب کاپا	صحت کلی و ضریب کاپا
شش باند اصلی		۰/۳۹ و ٪ ۷۱	۰/۲۵ و ٪ ۵۲
هفت باند انتخابی		۰/۲۶ و ٪ ۵۸	۰/۱۸ و ٪ ۵۴
شش باند ادغام شده به روش Pan sharp		۰/۳۰ و ٪ ۶۷	۰/۲۲ و ٪ ۴۹
سه باند ادغام شده به روش IHS		۰/۱۹ و ٪ ۶۱	۰/۱۰ و ٪ ۴۵

جدول ۴- صحت کلی و ضریب کاپا برای طبقه‌بندی ۴ و ۲ طبقه تصویر LISSIII

باند‌های مورد استفاده		** دو طبقه	** چهار طبقه
		صحت کلی و ضریب کاپا	صحت کلی و ضریب کاپا
چهار باند اصلی		۰/۴۶ و ٪ ۷۵	۰/۳۲ و ٪ ۶۱
هفت باند انتخابی		۰/۴۱ و ٪ ۶۷	۰/۳۵ و ٪ ۶۴
چهار باند ادغام شده به روش Pan sharp		۰/۳۴ و ٪ ۷۲	۰/۲۷ و ٪ ۴۸
سه باند ادغام شده به روش IHS		۰/۳۱ و ٪ ۶۴	۰/۱۱ و ٪ ۳۳

* دو طبقه: خیلی تنک تا تنک- نیمه انبوه تا انبوه
 ** چهار طبقه: خیلی تنک- تنک- نیمه انبوه- انبوه

بحث و نتیجه‌گیری

هر گونه برنامه‌ریزی و مدیریت جهت حفظ و احیا اکوسیستم‌های حساس نظیر جنگل‌های زاگرس نیازمند اطلاعات صحیح و بهنگام می‌باشد. نتایج بدست آمده از مطالعات پیشین در تهیه نقشه تراکم در ایران با استفاده از داده‌های ETM+ نشان دهنده اهمیت این مطالعات در مناطق کوهستانی است. در این بررسی نیز قابلیت داده‌های سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ و سنجنده LISSIII ماهواره IRS-P6 در تهیه نقشه تراکم جنگل‌های زاگرس مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه جزء مناطق جنگلی زاگرس محسوب می‌شود و جنگل‌های منطقه به دلیل سرشت نورپسندی خاص خود، و مسایل تخریب و مشکلات زادآوری دارای پوشش تنک و سبک بوده و متفاوت از جنگل‌های شمال می‌باشد (۵)، به همین دلیل نتایج حاصل از طبقه‌بندی و پردازش‌های مختلف تصاویر سنجنده ETM+ و LISSIII برای تهیه نقشه تراکم در مناطق زاگرس با نتایج حاصل از طبقه‌بندی این تصاویر جهت تهیه نقشه تراکم در شمال کشور متفاوت است. از طرفی تراکم پایین درختان و باز بودن تاج پوشش در برخی مناطق و به تبع آن تداخل طیفی شدید خاک با پوشش زمینه، باعث می‌گردد تا میزان صحت کلی و ضریب کاپا به مقدار قابل توجهی کاهش یابد. ضمن اینکه تداخل طیفی بین طبقات مختلف باعث اختلاف زیاد بین ضریب کاپا با صحت کلی می‌گردد. قبل از بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای در تجزیه و تحلیل‌ها، ضروریست کیفیت هندسی و

رادیومتری این داده‌ها مورد بررسی قرار گیرد. وجود خطاهای هندسی در تصاویر ETM+ و LISSIII در این تحقیق مطلب فوق را تأیید می‌کند. پس از انجام تطابق هندسی و اعمال معادله درجه دوم روش چند جمله‌ای تصویر در تصویر، با انطباق خوب لایه برداری جاده و نقاط برداشت شده توسط GPS با مسیرها و نقاط متناظر در روی تصویر تطابق یافته، از درستی تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه اطمینان حاصل گردید. از مجموعه الگوریتم‌های طبقه‌بندی، الگوریتم حداکثر احتمال می‌تواند پدیده‌ها را بهتر از سایر الگوریتم‌ها طبقه‌بندی نماید. ضمن اینکه در اکثر مطالعات و تحقیقات، در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده، طبقه‌بندی کننده حداکثر احتمال به عنوان دقیق‌ترین و رایج‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی کننده معرفی شده است (۱۱، ۱۷ و ۱۸). از آنجا که استفاده توأمان از داده‌های چندطیفی و پانکروماتیک حاصل از دو روش ادغام Pansharpen و IHS در فرآیند طبقه‌بندی باعث بهبود قدرت مکانی داده‌ها می‌شود ولی به لحاظ قابلیت تفسیر رقومی، تصویر حاصل از ادغام برای جداسازی طیفی طبقات تراکمی امتیاز چندانی نسبت به استفاده از داده‌های اصلی ندارد. در کل صحت طبقه‌بندی در تصاویر ادغام شده نسبت به تصاویر اصلی افزایش نمی‌یابد که از دلایل این امر می‌توان به تغییر ارزش رقومی در نقطه‌ای یکسان از دو تصویر ترکیب شده و ناهمگنی طیفی بیشتر در این تصاویر نسبت به تصاویر اصلی اشاره نمود. نتایج ارزیابی نشان داد که باندهای ادغام شده

از طبقه‌بندی باندهای انتخابی نشان داد که باند مادون قرمز میانی جهت تشخیص طبقات پوشش گیاهی قابلیت بهتری دارد. مطابق با نتایج Abdolahi (2008) در طبقه‌بندی چهار طبقه، به دلیل تراکم کم درختان و همچنین تشابه طیفی ایجاد شده ناشی از بازتاب خاک، میزان تفکیک‌پذیری بین دو طبقه خیلی تنک با تنک پایین می‌باشد. ضمن اینکه در طبقات نیمه انبوه و انبوه که در ارتفاعات بالاتر وجود دارند تشابه طیفی بازتاب تاج پوشش درختان باعث تداخل طیفی طبقات مذکور گردید. به دست آوردن صحت کلی ۵۲٪ و شاخص کاپای ۰/۲۵ برای ETM+ و صحت کلی ۶۱٪ و شاخص کاپای ۰/۳۲ برای LISSIII می‌تواند دلیلی بر تداخل طیفی زیاد بین این طبقات باشد. در نهایت پس از ادغام طبقات خیلی تنک با تنک و همچنین طبقات نیمه انبوه با انبوه و تکرار طبقه بندی، مقدار صحت کلی ۷۱٪ و ضریب کاپای ۰/۳۹ برای ETM+ و صحت کلی ۷۵٪ و ۰/۴۶ برای LISSIII به دست آمد. در کل دلیل بالاتر بودن مقدار صحت کلی و شاخص کاپا در این تحقیق نسبت به تحقیق Naseri (2003) با صحت کلی ۶۶٪، Saroei (1999) با صحت کلی ۴۵٪، می‌توان تفاوت در باندهای مورد استفاده و همچنین تراکم بیشتر در منطقه مورد مطالعه باشد. همچنین از دلایل پایین بودن صحت کلی به دست آمده در این تحقیق نسبت به تحقیقات Sivrikaya et al., (2006) با صحت کلی ۸۸٪ و Günlü et al., (2008) با صحت کلی ۹۲٪ و Giri and Long (2014) با صحت کلی ۸۹٪ را می‌توان در وارد سازی برخی اطلاعات مکانی

باعث بهبود نتایج نشده و عمل ادغام تصاویر تنها باعث افزایش توان تفسیر بصری داده‌ها گردید. نتایج Zhang (2004) در خصوص بهبود توان تفسیر بصری داده‌های ماهواره‌ای در طی عمل ترکیب نیز مؤید همین مطلب است ضمن اینکه بهتر بودن نتایج بکارگیری باندهای ادغام شده به روش Pansharp نسبت به IHS این است که در روش Pansharp از قابلیت طیفی تمام باندهای سنجنده استفاده می‌گردد و باندهای مادون قرمز میانی اول و دوم سنجنده ETM+ که به ترتیب نقش اساسی در افزایش صحت کلی و تشخیص طبقات پوشش گیاهی دارند (۲۴) در این ترکیب حضور دارند ولی روش ادغام فن IHS این اشکال را دارد که تنها ۳ باند را می‌توان بکار برد که انتخاب آنها به عهده کاربر است و می‌توان باندهای مورد نظر را انتخاب کرد. این مطلب به ویژه در مورد سنجنده LISSIII ماهواره IRS-P6 از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق، میزان معیارهای بیان صحت (صحت کلی و شاخص کاپا) در تصاویر اصلی طبقه‌بندی شده نسبت به باندهای ادغام شده بیشتر است که این با نتایج تحقیق Latifi et al., (2007) مطابقت داشت. مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی نشان می‌دهد که همپوشانی طیفی طبقات باعث طبقه‌بندی غلط پیکسل‌ها و کاهش دقت طبقه‌بندی می‌گردد که از دلایل این امر باز بودن تاج پوشش در این جنگل‌ها و بازتاب زیاد خاک می‌باشد که جهت کاهش میزان این بازتاب با به دست آوردن معادله خط خاک شاخص‌های گیاهی مناسب نظیر PVI, MSAVI2, TSAVI2 ایجاد شد. نتایج حاصل

متوسطی در مناطق زاگرس هستند و می‌توان از این داده‌ها جهت نمایش این طبقات بهره جست. ضمن اینکه بر طبق نتایج به دست آمده قابلیت داده‌های LISSIII نسبت به ETM+ جهت تفکیک طبقات مختلف جنگلی بهتر می‌باشد و استفاده از این داده‌ها همراه با داده های شیب، جهت و ارتفاع به عنوان داده های کمکی به منظور دستیابی به نتایج مطلوب‌تر در مناطق مختلف پیشنهاد می‌گردد. ضمن اینکه بالاتر بودن قدرت تفکیک طیفی و مکانی سنجنده LISSIII نسبت به ETM+ و همچنین همپوشانی طیفی بیشتر باندهای اصلی سنجنده ETM+ می‌تواند از دلایل اصلی بهتر بودن نتایج سنجنده LISSIII در این تحقیق باشد(۲). قدرت تفکیک مکانی داده های ماهواره ای مورد استفاده در میزان موفقیت طبقه‌بندی مؤثر می‌باشد. بنابر این تحقیق، نتایج حاصل از تحقیقات Ahmadi Sani (2005) مبنی بر قابلیت برتر داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا در برآورد تاج پوشش را تایید می‌نماید. در این جا ضروری است که مطالعات بیشتری به منظور کم کردن اثرات خاک (زمینه) و طبقه بندی گونه‌های آمیخته صورت گیرد. همچنین در آینده مطالعاتی به طور همزمان می‌تواند انجام شود و نتایج طبقه‌بندی شیء پایه^۱ و پیکسل مبنای^۲ با هم مقایسه گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود که از تصاویر رقومی با ویژگی‌ها و قابلیت‌های طیفی و مکانی بالاتر به منظور تهیه نقشه ویژگی های کمی و کیفی

نظیر داده های مربوط به شیب، جهت و ارتفاع به عنوان داده های کمکی به فرآیند طبقه بندی و نیز انجام تحقیقات فوق در توده های متراکم و نسبتا خالص جنگلی دانست. حال آنکه در تحقیق حاضر که در مناطق نسبتاً نیمه متراکم جنگل‌های زاگرس انجام شده است بازتاب حاصل از پدیده‌هایی غیر از پوشش گیاهی (نظیر خاک و بیرون‌زدگی سنگی) سبب ایجاد میزانی از اختلاط طیفی پدیده ها با بازتاب حاصل از پوشش گیاهی می‌گردد که در پایین آمدن مقدار معیارهای بیان صحت طبقه‌بندی مؤثر است. در کل عوامل متعددی در میزان موفقیت طبقه‌بندی جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تأثیر گذار هستند. یکی از این عوامل انتخاب بهترین ترکیب تصویر مورد استفاده برای طبقه‌بندی می‌باشد. بطور کلی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی باندهای مادون قرمز میانی و نزدیک نسبت به باندهای مرئی دارای ارجحیت می‌باشند. در این تحقیق نیز همانطور که مشاهده گردید بهتر بودن نتایج طبقه بندی باندهای اصلی نسبت به مجموعه باندهای انتخابی، باندهای حاصل از ادغام به روش Pansharp و باندهای حاصل از ادغام به روش IHS را می‌توان این طور بیان نمود که پردازش های اعمال شده نتوانستند تفکیک پذیری بین طبقات را افزایش دهند. در مجموع و با توجه به معیارهای صحت کلی و شاخص کاپا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که داده‌های ETM+ و LISSIII واجد قابلیت بسیار بالا در تهیه نقشه تراکم پوشش گیاهی با تعداد طبقات زیاد در جنگل‌های زاگرس نمی‌باشند ولی برای تفکیک طبقات کلی دارای قابلیت

¹ - Object Based

² - Pixel Based

پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه استفاده کرده و با داده‌های زمینی مقایسه گردد.

Reference

- 1-Abasi, M. 2000. Possibility Investigation Beech type Mapping using ETM+ sensor data (Chilar, Forest Khairoud kenar Noushahr), Forestry MSc. Thesis. Natural Resource Department of Tehran University. 144pp. (in Persian)
- 2-Abdollahi, H., 2008. Comparative capability investigation between LISSIV and ETM+ for forest density mapping in Zagros forestes (case study: Javanrowd forestes). M.Sc Thesis. Gorgan University of Agriculture Science and natural resources, 84pp. (in Persian)
- 3-Agriculture Jihad ministry, Forests and Rangelands Orgenization, Engineering Unit, 2004. Appliding function Zagros forest mapping in 1:25000 Scale using of aerial photos 1:40000. Provided to Statistic group and aerial photos interpret. (in Persian)
- 4-Ahmadi sani, N., 2005. Capability investigation ASTER sensure data for density mapping in Zagros forestes (case study: Marivan forestes). M.Sc Thesis, Tehran University. 87pp. (in Persian)
- 5-Amini, M.R., 2006. Changes in Zagros forestes extention and that relation with physiographic and manufacture using satellite imagery and GIS (case study, Armerdeh forests of Baneh). M.Sc. Thesis,. Gorgan University of Agriculture Science and natural resources, 144pp. (in Persian)
- 6-Fatahi, M., 2005. Forest Type Mapping, Dehati Journal. 3: 52:23-42. (in Persian)
- Giri, C. and Long, J., 2014. Land Cover Characterization and Mapping of South America for the Year 2010 Using Landsat 30 m Satellite Data. Remote Sensing Journal 6:9494-9510.
- 7-Günlü, A., Sivrikaya, F., Baskent, E. Z., Keles, S., Cakir G. and Kadiogullari, A. I., (2008). Estimation of Stand Type Parameters and Land Cover Using Landsat-7 ETM Image: A Case Study from Turkey, Sensors 8:2509- 2525
- 8-Günlü, A.; Baskent, E. Z.; Kadiogulari, A. I. and Ercanli, I. (2008). Classifying Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) Forest Sites Using Direct, Indirect and Remote Sensing Methods: A Case Study from Turkey, Senses 8:2526- 2540
- 9-Kumar, S. J., D.I. Arochiasamy & S. John Britto, 2002. Forest type mapping and vegetation analysis in part of Kolli hills, eastern parts of Tamil Nadu, Center for Natural Resources Study, St. Josephs College (Autonomous) , Tiruchirapalli – 2, Tamil Nadu , India , International Society for Tropical Ecology, 43 (2): 345 – 349
- 10-Latifi, H., Oladi, J., Saroei, S. and Jalilvand, H. 2007. An Evaluation of ETM+ Data Capability to produce “Forest – Shrub land – Range” Map (case Study of Neka – Zalemroud Region – Mazandaran – Iran). 11:40.439-447. (in Persian)
- 11-Matter P.M., 2001. Classification Methods for Remote Sensed Data, First Edition, Taylor & Francis
- 12-Naseri, F., Darvishsefat, A., Sobhani, H. and Namiranian, M. 2004. Assessment Capability Landsat 7 Data for forest density mapping arid and sub arid regions, natural resource journal of Iran. 1:57, 109-119. (in Persian)
- 13-Porwal, M.C. & D.N. Pant, 1989. Forest cover type and land use mapping using Landsat Thematic Mapper false color composite – A case study for chakarta in western Himalayas, U.P, Journal of the India Society of Remote sensing 17: 33 – 40
- 14-Richard, J. A. & J. Xiuping, 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis, 3rd Edition, Springer pub, pp: 363.

- 15-Roy, P. S., Sharma, K. P. and Jain, A. 1996. Stratification of density in dry deciduous forest using satellite remote sensing digital data- An approach based on spectral indices. *J. Biosci*, Vol. 21:5:723-734
- 16-Saeedi Jamal Abad, M., 2003. Changes detecting forest Density and a Area using remote sensing techniques. M.Sc Thesis, Towsi Khajeh Nasiroldin University. 112pp. (in Persian)
- 17-Saroei, s. 1999. Capability investigation forest density classification in Zagros forestes using satellite data. M.Sc Thesis, Tehran University, 112pp. (in Persian)
- 18-Scott, M. S. and Stuart, E. M. 2004. Cover- and density-based vegetation classification of the Sonoran desert using landsat TM and ERS-1 SAR imagery. *Remote sensing of Environment* 93:5:131-149
- 19-Shataee jouibary, Sh. 2003. Survey Possibility Forest type Map Using Satellite Data the Case Study nowshahr Khairoud kenar. Forestry PhD Thesis. Natural Resource Faculty of Tehran University. 155pp. (in Persian)
- 20-Shataee jouibary, Sh. 2003. Survey Possibility Forest type Map Using Satellite Data the Case Study nowshahr Khairoud kenar. Forestry PhD Thesis. Natural Resource Faculty of Tehran University. 155pp. (in Persian)
- 21-Shataee, Sh., Najarlou, S., Jabbari Arfaee, Sh. And Moayeri, M.H., 2007. Capability Evaluation Fused and Multispectral images IRS-1D and Landsat 7 data for forest extent mapping. *J. Agric. Sci. Natur. Resour.*, Vol. 5:14,11-22. (in Persian)
- 22-Sivrikaya, F.; keles, S.; Cakir, G.; Baskent, E. Z.; and Kose, S. 2006. Comparing accuracy of classified Landsat data with land use maps reclassified from the stand type maps. Trabzon, Turkey. 7th International Symposium on spatial Accuracy Assessment in Natural Resource and Environmental Science. 643-652
- 23-Sujimol, M. R., Pandey, K., Sharma, N. K., Tiwari, A. K., 2006. Regional Remote Sensing Service, Center4, Kalidas Road Dehradun, 21:46, 18-25
- 24-Thiefti, M., 2006. FCD Model Evaluation in order to estimation forest canopy cover classes (case study: Haraz watershed). M.Sc Thesis, Towsi Khajeh Nasiroldin University. 89pp. (in Persian)
- 25-Unni, N.V.M., P.S. Roy & V. Parthasarathy, 1983. Feasibility of mapping economically important forest species by Landsat data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 11: 37 – 48
- 26-Zhang, Y. 2004. Understanding Image Fusion. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.70:60,657-661