جداسازی مرز شمالي جنگل‌هاي خزري با بهره‌گيری از تصويرهای چند زمانه ماهواره‌اي (بررسی موردي: جنگل‌هاي چابكسر)

فرخ پورشكوري‌اله‌ده[۱]، علي‌اصغر درويش‌صفت[۲*] و علي خليل‌پور[۳]
[۱] كارشناس ارشد جنگلداري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۲] دانشيار گروه جنگلداري و اقتصاد جنگل، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۳] كارشناس ارشد سازمان جنگل‌ها و مراتع كشور، ايران

(تاريخ دريافت: ۸۴/۱۲/۲۲، تاريخ تصويب: ۸۶/۴/۲)

چكيده

به‌هنگام سازي نقشه‌هاي توپوگرافي جنگل‌هاي شمال ايران بر پايه تصويرهای ماهواره‌اي به عنوان يكي از ضرورت‌هاي بخش اجرا مطرح مي‌باشد. از آنجايي كه در بسياري از موارد تشابه بازتاب جنگل و پديده‌هاي مجاور آن، جداسازی مرز جنگل را بر روي تصويرهای يک مقطع زماني مشكل مي‌سازد، اين پژوهش با هدف بررسي قابليت تصويرهای ماهواره‌اي چند زمانه در جداسازی مرز شمالي جنگل-هاي خزري در منطقه چابكسر گيلان انجام شد. در اين منطقه علاوه بر جنگل‌هاي پهن برگ خزان كننده، توده‌هاي دست كاشت سوزني برگ هميشه سبز، باغ‌هاي چاي و مركبات هميشه سبز و همچنين باغ‌ها و مزرعه‌هايي با گونه‌هاي خزان كننده، وجود دارند. تصوير سنجنده SPOT-HRG مربوط به تاريخ ۸۱/۵/۱۸ از فصل رويش و همچنين تصوير سنجنده TERRA-ASTER تصويربرداري شده در تاريخ ۸۱/۱۲/۱۰ از فصل خزان براي انجام اين بررسی تهيه شدند. خطاهاي راديومتري در تصويرها قابل چشم‌پوشی بودند. تصحيح‌های هندسي ضمن رفع خطاي جابجايي ناشي از پستي وبلندي‌ها با بهره‌گيري از يک مدل رقومي‌ارتفاع دقيق، با دقت بالا انجام شد. دو طبقه جنگل و غير جنگل براي انجام اين بررسی تعريف و نمونه‌هاي آموزشي‌مناسب تعيين و اصلاح شدند. با بهره‌گيری ازطبقه‌بندي تصويرهای تک زمانه، چندزمانه و روش‌هاي سلسله مراتبي و تفسير رقومي- چشمي‌جداسازي طبقه‌هاي باغ و جنگل انجام گرفت. به منظور تعيين درستی نقشه‌هاي بدست آمده از تفسير وطبقه‌بندي‌ها، يک واقعيت زميني (مرز جنگل) به طول ۶۴/۵ كيلومتر از راه پيمايش (نقشه برداري) با GPS تهيه گشت. درستی (ضريب كاپا) برای طبقه‌بندي تصوير فصل رويشي، طبقه‌بندي تصوير فصل خزان، طبقه‌بندي چند زمانه، روش سلسله مراتبي و تفسيرتلفيقي رقومي_ چشمي‌به ترتيب برابر با ۰/۲۸، ۰/۴۳، ۰/۵۷، ۰/۶۲ و۰/۷۱ بود. نقشه بدست آمده از طبقه‌بندي تصوير فصل رويشي كمترين و روش تلفيقي رقومي_ چشمي بيشترين درستی را ارائه دادند. با توجه به نتايج به دست آمده مي‌توان بيان نمود كه به كمک تصويرهای چندزمانه مي‌توان با درستی قابل قبولي مرز جنگل را از غير جنگل جدا نمود. لذا پيشنهاد مي‌شود كه در فرآيند به‌هنگام سازي نقشه‌هاي توپوگرافي جنگل‌هاي شمال ايران در چنين منطقه‌هايی، از تصويرهای فصل خزان به همراه تصويرهای فصل رويشي بهره‌گيری شود.

واژه‌هاي كليدي: تصويرهای چندزمانه، ASTER، SPOT-HRG، مرز جنگل، واقعيت زميني، سلسله مراتبي، درستی

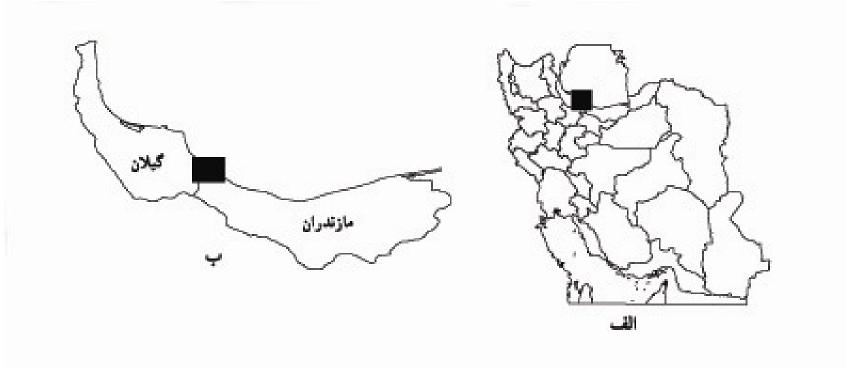
* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۲ فاكس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۲ E-mail: adarvish@ut.ac.ir

مقدمه

برنامه ريزي هوشمندانه و تـصميم گيـري هدفمنـد بـراي منابع جنگلي يکي از نيازهاي مهم در راستاي حفظ، احيـاء و تداوم ثمر بخشي اين منابع در هنگام بهره‌گيـری و بهـره وري بهينه از آن‌ها مي‌باشد. به‌طور مسلم اين برنامـه‌ريـزي نيازمند وجود اطلاعات کمي و کيفي دقيق و به‌هنگام از اين منابع مي‌باشـد. سـنجش از دور يکـي از روش‌هـاي کـسب اطلاعات است که از راه عکـس‌بـرداري و تـصوير بـرداري از محيط زيست ميـسر مـي‌باشد. سـنجش از دور بـا عکـس برداري هوايي آغاز شـد و بـا پرتـاب اولـين مـاهواره منـابع زميني در سال ۱۹۷۲ توسط آمريکا، امکـان بهـره‌گيـری از تصويرهای ماهواره‌اي براي بررسی‌های منابع زميني فـراهم شد. در چند دهه اخير تصويرهای ماهواره‌اي جهـت کـسب اطلاعات از عرصه‌هاي منابع طبيعي مورد توجه کارشناسان قرار گرفته اند. نقشه‌هاي برخي از بررسی‌هـای کارشناسـان در جنگل تحت تاثير زمـان تـصوير بـرداري و در رابطـه بـا مشخصه‌هاي جنگل مانند نوع گونه، سـن (۴ و ۱۷)، زيـر آشـکوب (۱۱ و ۱۸)، حجـم و شـمار درختـان(۹ و۲۰) از درستی بالايي برخوردار نبوده اند. اين امر کارشناسان را بـر آن داشت تا از ويژگي تصويربرداري پی در پی سـامانه‌هـاي ماهواره‌اي بهره‌گيری کنند. ورود بعد زمـان موجـب کـسب درسـتی بيـشتر در بيـشتر بررسـی‌هـای سـنجش از دوري شد(۶). ضمن آن که بهره‌گيری از تـصويرهای چنـد زمانـه زمينـه بررسـی‌هـای و کاربردهـاي جديـدي را نيـز فـراهم ساخت. در برخي از منطقه‌ها بازتاب‌هاي مـشابه جنگـل بـا پديده‌هاي مجاور آن، جداسازي جنگـل را بـا درسـتی بـالا ممکن نمي‌سازد(۸). تشابه بازتـاب گياهـان جنگلـي و غيـر جنگلـي بيـشترين مـشکل را در ايـن چنـين مـوارد ايجـاد مي‌نمايد. گياهان داراي ويژگـی هـای فنولـوژيکي متفـاوتي هستند. بـر پايـه‌ايـن ويژگـی‌هـا، تـصويرهای مـاهواره‌اي از دوره‌های زماني مختلف براي بررسی پوشش گيـاهي مـورد توجه کارشناسان مي‌باشند. در منطقه‌های شـرقي گـيلان و غربي مازندران وجود باغ‌هاي مرکبـات و چـاي، جداسـازی جنگل از غير جنگل را با تصويرهای يک مقطـع زمـاني بـه ويـژه تـصويرهای فـصل رويـشي بـا درسـتی بـالا مقـدور نمي‌سازد. بنابر اين بررسی حاضر بـا هـدف جداسـازی ايـن چنين منطقه‌هايی بـا تـصويرهای مـاهواره‌اي از زمـان‌هـاي مختلف و متناسب با ويژگی‌های فنولوژيک متفاوت گياهان با دقت بالا انجام شد. بهره‌گيری‌هاي گوناگونی از تصويرهای ماهواره‌اي چند زمانه در بررسی‌های منابع طبيعـي صـورت گرفته است. ايـن بهـره‌گيـری‌هـا در دهـه اخيـر بـه دليـل پيـشرفت ابزارهـا و همچنـين روش‌هـاي تجزيـه و تحليـل تصويرهای ماهواره‌اي، فزوني يافته اند. از جمله بررسی‌هايي که با بهره‌گيری از تصويرهای چند زمانه ماهواره‌اي صـورت گرفته اند مي‌توان به تهيه نقشه کاربري اراضـي (۳)، نقـشه تغيير گستره جنگل (۲)، بررسی‌های زماني پوشش گيـاهي (۱۲) ، تهيه نقشه مزارع برنج (۲۱)، تهيه نقشه جنگـل (۶، ۱۳ و ۱۶)، طبقـه‌بنـدي پوشـش زمـين (۱۰) و مقايـسه طبقه‌بندي تـصويرهای تـک زمانـه و چنـد زمانـه در علـف زارهاي نيمه خشک (۱۵) اشاره نمود.

منطقه مورد بررسی

براي انجام ايـن بررسـی منطقـه‌اي واقـع در حـوزه ۲۹ از جنگل‌هاي شمال ايـران در دو شهرسـتان رودسـر (بخـش چابکـسر) از اسـتان گـيلان و رامـسر در اسـتان مازنـدران گزينش شد. جنگل‌هاي منطقه مورد بررسی به طور طبيعي دانه زاد با ساختاري ناهمسال و گونه‌هاي پهن برگ هستند. قـسمت‌هـايي از ايـن منطقـه بـا گونـه‌هـاي سـوزني بـرگ جنگل‌کاري شده‌اند. دامنه‌هاي متصل به جلگه‌ها در مالکيت مردم منطقه مي‌باشد و مرز بـين جنگـل و غيـر جنگـل در همه ناحيه‌های منطقه در سطوح شيب دار و در دامنه کـوه قرار دارد. به‌دليل غير مناسب بودن منطقه‌هـا مـرزي بـراي زراعت، اين منطقه‌ها بيشتر بـا بـاغ‌هـاي مرکبـات پوشـيده شده‌اند. علاوه بر اين، باغ‌هاي چاي، مرکبات توأم بـا گونـه چاي، زمين‌هاي خالي و به مقدار خيلـي کـم بـاغ‌هـايي بـا گونه‌هاي خزان کننده مانند گردو در منطقه وجود دارد. در شکل ۱ موقعيـت منطقـه مـورد بررسـی در نقـشه‌ايـران و استان‌هاي گيلان و مازندران آمده است.



شكل ۱- موقعيت منطقه مورد بررسی به ترتيب در ايران (الف)، استان‌هاي گيلان و مازندران(ب).

داده‌هاي مورد بهره‌گيری

براي انجام اين بررسی دو تصوير از دو مقطع زماني، فصل رويشي و خزان(زمستان) مربوط به يک سال گزينش شد. تصوير فصل رويشي مربوط به تاريخ ۸۱/۵/۱۸ و ماهواره اسپات ۵ از سازمان جنگل‌ها و مراتع كشور كه به طور دقيق تصحيح شده بود و از نظر كيفيت ودقت مناسب اين چنين بررسی‌هايي بود، تهيه شد. تصوير فصل خزان مربوط به تاريخ ۸۱/۱۲/۲۸ و سنجنده ASTER[1] از سازمان فضايي آمريكا (ناسا) در سطح تصحيح‌هاي 1B براي انجام اين پژوهش دريافت شد. علاوه بر اين دو تصوير، ۵ برگ نقشه توپوگرافي منطقه به صورت رقومي‌دوبعدي و سه بعدي و كاغذي به شماره‌هاي 6163IV NW، 6064II SE، 6063I NW، 6064II SW و 6063I NE مورد بهره‌گيری قرار گرفتند.

پيش پردازش‌ها و آماده سازي تصويرها

بررسي خطاها و ناهنجاري‌هاي هندسي و راديو متري

بررسي خطاهاي پيكسل‌هاي نوفه[2]، خطوط اسكن مربوط به آشكارسازهاي از كار افتاده و خطوط اسكن تكراري به صورت كيفي و بزرگ نمايي زياد به صورت تک باند و همچنين تركيب‌هاي رنگي مناسب بر روي صفحه نمايش رايانه انجام شد. براي بررسي خطاي راه‌راه‌شدگي تصوير، پنجره‌اي به ابعاد ۴۰۰×۲۰۰ پيكسل از درياي خزر به عنوان منطقه همگن گزينش شد. اين قطعه از تصوير پس از بهبود تباين ابتدا به صورت كيفي مورد ارزيابي قرار گرفت و سپس جهت بررسي كمي، ميانگين ارزش‌هاي رقومي۲۰۰ خط اسكن ۴۰۰ پيكسلي محاسبه شده و نمودار آن براي تمامي‌باندها رسم شد.

به‌طورمعمول منطقه‌هايی كه در سايه قرار مي‌گيرند، بازتاب كمتري نسبت به منطقه‌هايی كه در مقابل خورشيد قرار مي‌گيرند، دارند. اين مورد در فصل زمستان به دليل ارتفاع پايين و تابش مايل خورشيد در سطح گسترده‌تری رخ می‌دهد. بنابراين منطقه‌هايی با پديده‌هاي يكسان به دليل قرار گرفتن در دو موقعيت متفاوت نسبت به خورشيد داراي بازتاب‌هاي متفاوتي مي‌شوند. به منظورحذف منطقه‌ها داراي سايه‌هاي مطلق، كه شركت دادن آن‌ها تجزيه و تحليل‌ها را دچار مشكل مي‌كند، تصوير سايه روشن پستي و بلندي‌ها با بهره‌گيری ازمدل رقومي‌ارتفاع و برپايه زاويه‌هاي ارتفاع و آزيموت خورشيد در زمان تصويربرداري تهيه شد. نقشه بدست آمده به دو طبقه، يعني منطقه‌های با سايه مطلق(داراي ارزش‌هاي صفر) و غيره جدا شد. تا منطقه‌های داراي سايه مطلق در هنگام تجزيه و تحليل از تصوير ماهواره‌اي حذف شوند.

۱- Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer

۲- Noise

تصحيح هندسي ضمن رفع خطاي جابجايي ناشي از پستي و بلندي تصويرهای **ASTER**

كوهستاني بودن منطقه و قرار گرفتن منطقه مورد بررسی در حاشيه چارچوب از يک‌سو و لزوم درستی بالاي تصويرهای از نظر هندسي در اين پژوهش (برابری هندسه نقشه واقعيت زميني تهيه شده به وسيله GPS[۱] با تصوير و همچنين برابری هندسي تصويرهای دو زمان) از سوي ديگر، ضرورت تصحيح هندسي دقيق تصويرهای را ايجاب مي‌نمود. بدين منظور از تلفيق دو روش شاخصه‌ای و غير شاخصه‌ای طبق مدل توتن[۲] بهره‌گيری شد (Tutan, 1997 نقل از رفيعيان، ۱۳۸۲). شمار ۳۹ و ۳۲ نقطه كنترل زميني به ترتيب براي زير سامانه‌هاي VNIR[۳] و SWIR[۴] سنجنده ASTER تعيين شد. به كمک شاخص‌هاي مداري و نقطه‌های كنترل زميني و همچنين مدل رقومي ارتفاع تصحيح هندسي ضمن رفع خطاي جابجايي ناشي از پستي و بلندي انجام شد. در هنگام تصحيح هندسي اندازه تفكيك زميني تصويرهای خروجي به دليل اين كه قابليت پردازش‌هاي مشابه با تصويرهای سنجنده HRG[۵] را داشته باشند، ۱۰ متر گزينش شد. همچنين در هنگام تصحيح هندسي از روش نزديكترين همسايه براي نمونه گيري دوباره پيكسل‌ها به منظور حفظ ارزش‌هاي پيكسل‌هاي تصوير خام بهره‌گيری شد. پس از تصحيح هندسي دقيق تصويرهای سنجندهASTER لازم بود تصويرهای دو سنجنده نيز نسبت به هم تطبيق داده شوند. بدين منظور تصويرهای سنجنده ASTER با مرجعيت تصوير سنجنده HRG تصحيح شدند. پس از انجام اين كار پيكسل‌هاي متناظر تصويرهای هر دو مقطع زماني بر روي هم منطبق شدند.

بررسي و ارزيابي مقدماتي تصويرهای ماهواره‌اي و انعكاس طيفي پديده‌هاي موجود در منطقه مورد بررسی

از آن جايي كه آگاهي از وضعيت انعكاسي پديده‌هاي مختلف در باندهاي چند طيفي مي‌تواند به امر تصميم گيري براي گزينش روش‌هاي تجزيه و تحليل، دشواری‌های انعكاس‌هاي ثبت شده و همچنين تشخيص اختلاف طيفي پديده‌هاي مختلف كمک نمايد، درآغاز تصويرهای هر دو سنجنده به كمک روش نظارت نشده و با مجموعه‌هاي مختلف باندي و همچنين شمار طبقه‌هاي متفاوت طبقه‌بندي شدند. براي ارزيابي بيشتر از پديده‌هاي مهم موجود در منطقه شامل آب، دامنه‌هاي جنگلي داراي سايه، دامنه‌هاي جنگلي بدون سايه، منطقه‌های مسكوني و زراعي و باغ‌هاي هميشه سبز شمار ۳۰ نمونه يک پيكسلي براي هر يک از پديده‌ها گزينش شد. از ميانگين ارزش‌هاي طيفي ۳۰ نمونه در هر باند و براي پديده‌هاي مختلف به صورت جداگانه براي رسم منحني‌هاي انعكاس طيفي پديده‌هاي مختلف در باندهاي چند طيفي سنجنده‌هاي ASTER و HRG بهره‌گيری شد.

تهيه نقشه واقعيت زميني

در كارهاي پژوهشي ضروري است نقشه بدست آمده از تجزيه و تحليل تصويرهای ماهواره‌اي با نقشه واقعيت زميني دقيق كه بيانگر وضعيت صحيح پديده‌هاي روي زمين مي‌باشد، مقايسه شود. با توجه به‌اينكه درطبقه‌بندي بيشترين خطا در محل مرز بين پديده‌ها رخ مي‌دهد و همچنين با توجه به هدف اين پژوهش، مرز بين جنگل و غيرجنگل درهنگام پيمايش زميني به‌كمک ثبت نقطه‌هايی به فاصله‌های به طور ميانگين ۱۰ متر با بهره‌گيری از دستگاه GPS برداشت گرديد. در ضمن سطح‌هايي كه به صورت جنگل در داخل منطقه‌های غير جنگلي و يا سطح‌هايي كه به صورت غير جنگل در بخش‌هاي جنگلي بودند برداشت شدند. سپس نقاط ثبت شده به سامانه

۱- Global Positioning System

۲- Tutan

۳- Visible Near Infrared Radiometer

۴- Short Wave Infrared Radiometer

۵- High Resolution Geometry

GIS[۱] وارد و نقشه وكتوري مربوطه ايجاد شد. براي مقايسه نقشه واقعيت زميني و نقشه طبقه‌بندي شده لازم بود كه نقشه واقعيت زميني بدست آمده به يک نقشه سطحي تبديل شود. به‌اين منظور در محل مرز برداشت شده با كمک تابع بافر نواري با پهناي ۲۰۰ متر، (۱۰۰ متر در دوطرف مرز جنگل) ايجاد شد. پهناي بافر اعمال شده بر پايه شناختي كه ضمن عمليات ميداني از منطقه كسب شده بود، تعيين شد. در ضمن نواري به پهناي ۱۰۰ متر در قسمت خارجي چند ضلعي‌هاي برداشت شده به عنوان بافر اعمال گرديد. در نهايت اين نقشه وكتوري براي بهره گيری به عنوان نقشه واقعيت زميني به ساختار رستري تبديل گرديد و نقشه واقعيت زميني مناسب با دو طبقه جنگل وغير جنگل تهيه شد (شكل ۲).

بهبود و بارزسازي تصويرها

با توجه به هدف، منطقه مورد بررسی و نوع داده‌هاي موجود در اين پژوهش وهمچنين به منظور استخراج هر چه كامل‌تر اطلاعات، تصويرهای ماهواره‌اي هر دو دوره زماني با روش‌هاي تركيب رنگي، نسبت‌گيري، تحليل مولفه‌هاي اصلي و همچنين ادغام به روش تبديل فضاي رنگ مورد پردازش و بارزسازي قرار گرفتند (۱).

تعيين طبقه‌ها، نمونه‌هاي آموزشی و مجموعه باندهاي مناسب جهت طبقه‌بندي

منطقه مورد بررسی پديده‌هاي مختلفي از جمله آب(مربوط به درياي‌خزر)، منطقه‌های شهري، زراعي، باغ‌ها و جنگلي را شامل مي‌شود. با توجه به تفاوت بازتاب پديده‌هاي يادشده شده امكان قرار دادن آن‌ها در دوطبقه جنگل و غير جنگل ميسر نبود. بنابراين و نيز به دليل ضرورت نداشتن، ازطبقه‌بندي منطقه‌های ديگر به غير از جنگل و باغ‌هاي حاشيه جنگل، صرف نظر شده و ديگر پديده‌ها در هنگام طبقه‌بندي ماسک شدند. بر اين پايه طبقه‌بندي در محل واقعيت زميني با دو طبقه جنگل و غير جنگل انجام شد.

نمونه‌هاي آموزشي‌از راه عمليات ميداني تهيه شدند. در گزينش نمونه‌هاي آموزشی سعي شد، كه ضمن پراكنش مناسب، به خوبي معرف طبقه‌های مورد نظر باشند. نمونه‌هاي آموزشی با بهره‌گيری از روش‌هاي مقايسه نمودار نمونه‌ها،طبقه‌بندي نمونه‌هاي آموزشی، مشخصه‌هاي آماري مانند ميانگين، كمينه و بيشينه ارزش‌ها و انحراف از معيار آن‌ها و همچنين ميزان جدا پذيري طبقه‌ها با توجه به معيارهاي فاصله باتاچاريا[۲] و واگرايي تبديل شده[۳] مورد تجديد نظر قرار گرفته و اصلاح شدند. بر پايه نمونه‌هاي آموزشی نهايي، باندهاي مناسب برای طبقه‌بندي گزينش شدند.

طبقه‌بندي تصويرهای سنجنده‌هاي **HRG** (فصل رويش) و **ASTER** (فصل خزان) به صورت تک زمانه

پس از تعيين نمونه‌هاي آموزشي، بهترين مجموعه باندي از ميان باندهاي اصلي و مصنوعي تصويرهای فصل رويش و خزان به صورت جداگانه براي هر كدام گزينش شد. با بهره گيری از اين باندها وطبقه‌بندي كننده‌هاي متوازي السطوح، كمينه فاصله از ميانگين و بيشترين احتمال طبقه‌بندي انجام شد.

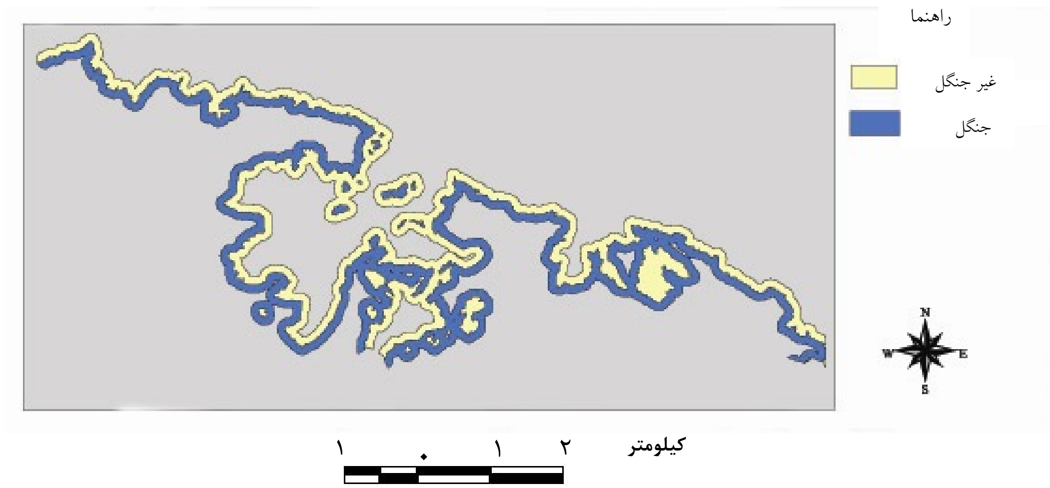
طبقه‌بندي تصويرها به صورت چند زمانه

در اين روش از مجموعه باندهاي اصلي و مصنوعي دو زمان به صورت باهم برای گزينش بهترين مجموعه باندي بهره‌گيری شد (۱۵ و ۲۱). پس از بررسي مجموعه باندهاي گزينش شده طبقه‌بندي به روش بيشينه احتمال بر روي آن‌ها انجام گرفت.

۱- Bhattacharrya Distance

۲- Transformed Divergence

۶- Geographic Information System



شکل ۲- نقشه واقعیت زمیني با دو طبقه جنگل و غیر جنگل

طبقه‌بندي به روش سلسله مراتبي

درطبقه‌بندي سلسله مراتبي امكان جداسازي طبقه‌ها به صورت مرحله به مرحله وجود دارد. در این پژوهش روش سلسله مراتبي دودوئي که در آن در هر مرحله فقط دو طبقه یا دو مجموعه ازطبقه‌ها از یکدیگر جدا مي‌شوند بهره‌گیری گردید. مهم‌ترین مزیت این روش در این بررسی امكان جداسازي سوزني برگان از باغ‌هاي همیشه سبز، جداسازي جنگل‌هاي واقع در دامنه‌هاي پشت به خورشید از جنگل‌هاي واقع در دامنه‌هاي رو به خورشید به صورت جداگانه و همچنین امكان جداسازي باغ‌هاي خزان کننده و اراضي زراعي بود. شکل ۳ روندطبقه‌بندي به روش سلسله مراتبي را نشان مي‌دهد. پس از آماده سازي تصویرها درآغازسطوح آب از سایر پدیده‌ها به کمک باند مادون قرمز میاني تصویر اسپات جدا گشت. در مرحله دوم سطوح آب ماسک شده و منطقه‌های مسکوني، جاده‌ها و رودخانه‌ها که از سایر قسمت‌ها در تصویر فصل رویشي بازتاب متفاوتي داشتند به کمک باندهاي تصویر فصل رویشي جدا شدند. در مرحله سوم به کمک باندهاي تصویر فصل خزان دامنه‌هایي از جنگل که در قسمت سایه واقع شده بودند از بقیه پدیده‌ها جدا شدند. در مرحله چهارم به وسیله تصویر فصل خزان منطقه‌هایی که داراي پوشش گیاهي همیشه سبز بودند از سایر پدیده‌ها جدا شدند. در مرحله پنجم به کمک یکي از تصویرهایی بدست آمده از مرحله چهارم و با بهره‌گیری از باندهاي تصویرهایی هر دو زمان سوزني برگان از باغ‌هاي چاي و باغ‌هاي مرکبات همیشه سبز جداشدند. در مرحله ششم به کمک تصویر دیگر بدست آمده از مرحله چهارم منطقه‌هاي جنگلي از زراعي و باغ‌هاي خزان کننده جدا شدند. باندها و طبقه‌بندي کننده‌هاي مورد بهره‌گیری در مرحله‌هاي مختلف روش سلسله مراتبي در شکل۳ نشان داده شده است. در تصویر نهایي سطوح جنگلي داراي سایه، سوزني‌برگان وسطوح‌جنگلي بدون سایه به‌عنوان منطقه‌هاي جنگلي و سطوح آب، منطقه‌هاي مسکوني و جاده‌ها، باغ‌هاي همیشه سبز و منطقه‌هاي زراعي و باغ‌هاي داراي درختان خزان کننده به عنوان منطقه‌هاي غیر جنگلي به شمارآمدند. در پایان به منظور حذف پیکسل‌هاي منفرد و پراکنده، فیلتر پایین گذر نما با اندازه ۵×۵ پیکسل بهره گیری گردید.

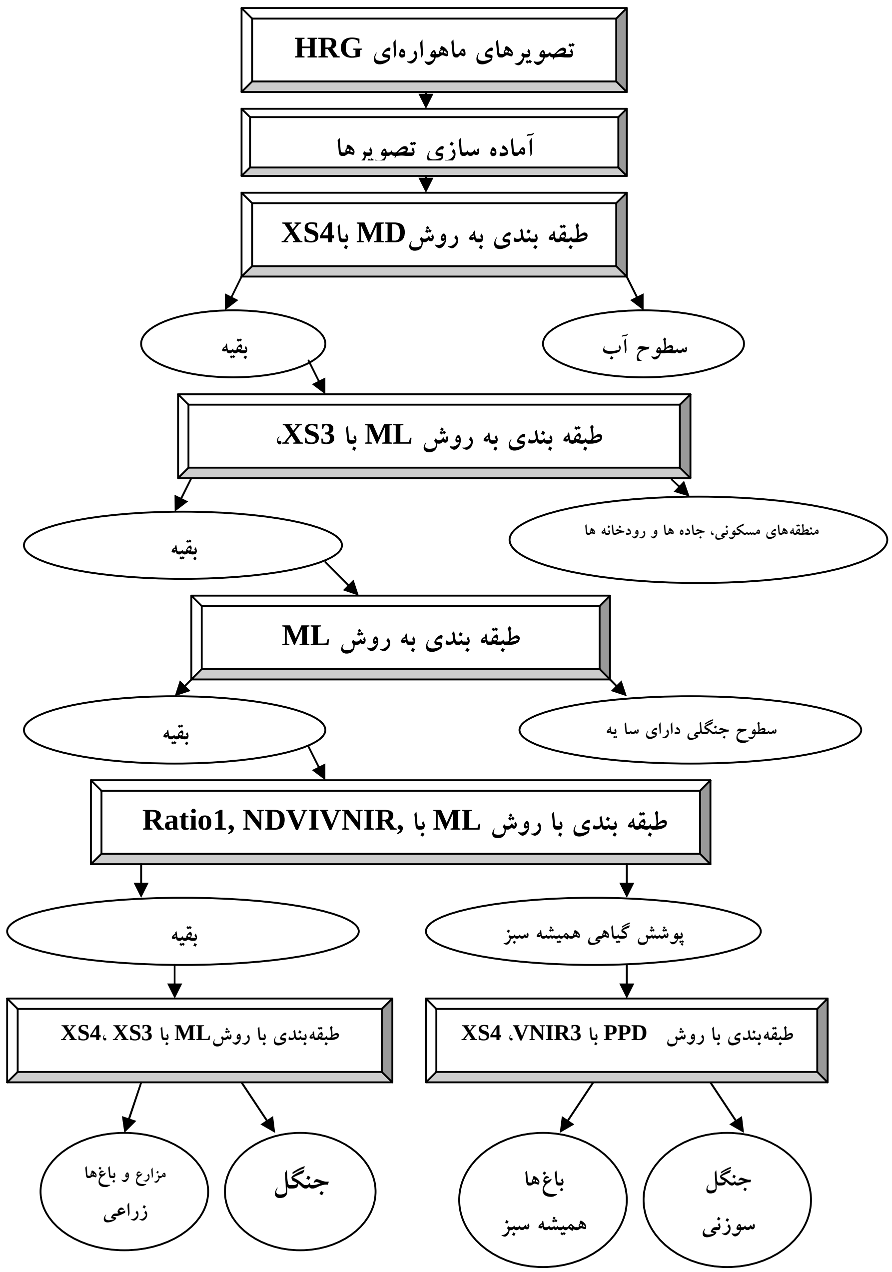
طبقه‌بندي تلفیقي رقومي- چشمي

به منظور انجام این روش ابتدا ترکیب‌هاي رنگي مناسب ایجاد و مورد بهبود تباین قرار گرفتند. علاوه بر تصویرهاي رنگي و باند Pan ماهواره اسپات، نقشه سایه روشن، شیب

و جهت منطقه نیزتهیه شد، تـا در صـورت لـزوم در هنگـام تفسیر رقومي- چشميبه عنوان اطلاعات كمكي بكار گرفته شوند. سپس منطقه‌های جنگلي و غیرجنگلي رقوميشـده و نقشه وكتوري بدست آمده، به ساختار رستري تبـديل شـد. نقشه بدست آمدهـه بـه منظـور تعیـین درسـتی در محـل واقعیت زميني باقي و قسمت‌هاي ديگر ماسک شدند.

برآورد درستی نقشه‌هـاي بدسـت آمـده از تجزيـه و تحليل تصويرها

نقشه‌هـاي بدسـت آمـده از تجزيـه و تحليـل تـصويرهاي ماهواره‌اي پيكسل به پيكسل با نقـشه واقعيـت زمينـي بـه منظور برآورد درستی مورد مقايـسه قـرار گرفتنـد. در ايـن پژوهش برآورد درستی بـر پايـه معيارهـاي درسـتی كلـي، ضريب كاپا، درستی كاربر و درستی توليد كننده انجام شد.

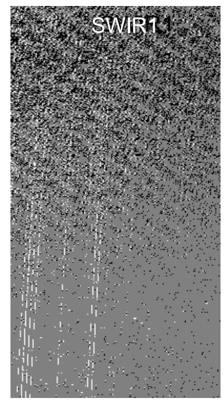


شکل ۳- مرحله‌های انجام طبقه بندی سلسله مراتبی

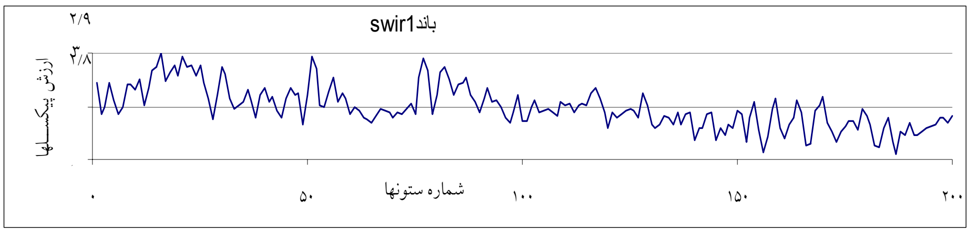
نتايج

بررسـي خطاهـا و ناهنجـاري‌هـاي هندسـي و راديـو متري

بر روي داده‌هاي مورد بهره‌گيری خطاهاي مختلف شـامل پيكسل‌هاي نوفه، خطوط اسكن مربوط به آشكارسـازهاي از كار افتاده و خطوط اسكن تكـراري بـه صـورت كيفـي و بـا بزرگ نمايي زياد مورد بررسي قرار گرفتند و هـيچ كـدام از خطاهاي يـاد شـده ديـده نـشد. در بررسـي خطـاي راه راه شدگي به صورت كيفي در بيشتر باندها اين خطا ديده شد، اما بررسي اين خطا به صـورت كمـي‌نـشان داد كـه ميـزان تغيير (خطا) كمتر از ±۰/۵DN و در حد چشم‌پوشـی اسـت. در شكل ۴ نمونه‌اي از اين بررسي‌ها براي يكـي از بانـدهاي مادون قرمز مياني سـنجنده ASTER (SWIR1) آمـده است.



ب



شكل۴ - بررسی كيفی(الف) و كمی(ب) خطای راه راه شدگی مربوط به باند **SWIR1** سنجنده **ASTER** (وجود چند خط سفيد منقطع وبه نسبت عمودی نمایانگر خطای راه راه شدگی در حد ضعيف و قابل چشم پوشی می‌باشد)

تصحيح هندسي ضمن رفع خطاي جابجايي ناشـي از پستي و بلندي تصويرهای **ASTER**

پس از تصحيح تصويرهای، دقت تطابق هندسي از راه روي هم اندازي لايه آبراهـه‌هـا و جـاده‌هـاي اسـتخراج شـده از نقشه‌هاي رقومي ۱:۲۵۰۰۰ منطقه بر روي تصوير تـصحيح شده انجام گرفت. انطباق كامل نقشه آبراهه‌ها و جـاده‌هـاي منطقه بـر روي تـصويرهای بيـانگر تطـابق هندسـي دقيـق تصويرها بود. ميزان نهايي RMSE[۱] براي تصحيح هندسي زير سامانه‌هاي VNIR و SWIR بـه ترتيـب ۰/۶ و ۰/۷۲ پيكسل بود.

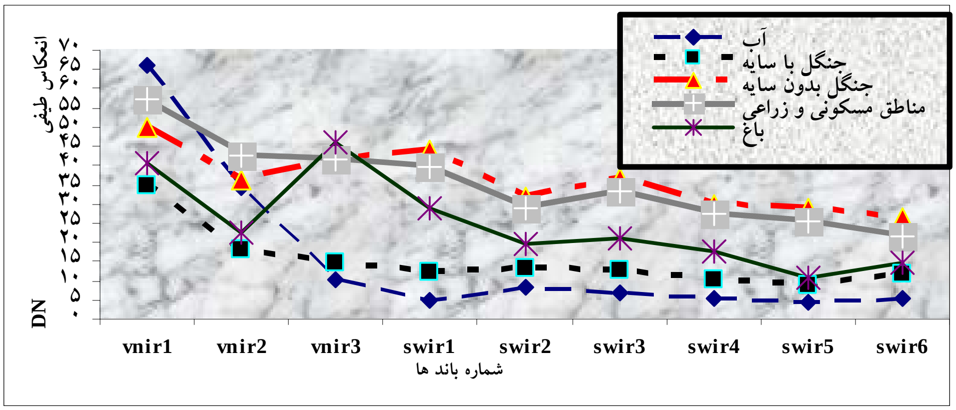
ارزيابي‌هاي مقدماتي

شكل‌هاي ۵ و ۶ به ترتيب منحنـي‌هـاي انعكـاس طيفـي پديده‌هاي مختلف را در باندهاي چند طيفي سنجنده‌هـاي ASTER و HRG نشان مي‌دهند. اين منحني‌هـا نـشان مي‌دهد كه جنگل در اثر اختلاف نوردهي در دامنه‌هـاي رو به خورشيد (جنگل بدون سايه) و پشت به خورشيد (جنگل با سـايه) داراي بازتـاب متفـاوت هـستند. بـر پايـه نمـودار منحني طيفي باندهاي سنجنده ASTER (شـكل ۵) پديـده باغ(مركبات و چاي) به دليل نداشتن خزان، داراي بازتـاب بيشتري در باند مادون قرمز نزديك اين سنجنده مي‌باشـد. باغ‌هاي مركبات و چاي بـه دليـل هميـشه سـبز بـودن، در تصوير فصل خزان بازتاب بيشتري نسبت به سـاير پوشـش-هاي گياهي موجود در منطقـه دارنـد. بـاغ‌هـاي مركبـات و چاي بازتاب‌هاي مشابه‌اي با ديگـر پوشـش‌هـاي گيـاهي از جمله جنگل در منحني‌هاي تصوير فصل رويشي نشان مي-دهند. اين موضوع نشان‌دهنده اهميت تفاوت در ويژگی‌های فنولوژيـک گياهـان متفـاوت از يـک سـو و بهـره‌گيـری از تصويرهای چند زمانه براي جداسازی گياهان از سوي ديگر مي‌باشد.

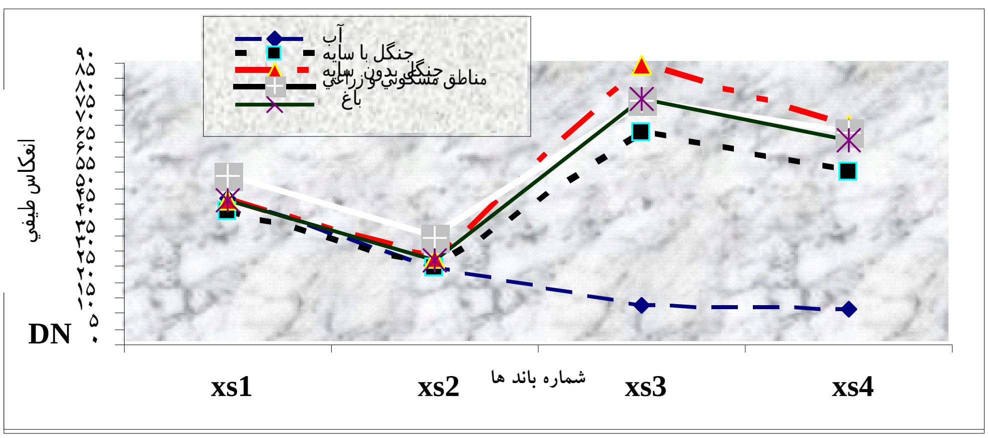
۱-Root Mean Square Error

بهبود و بارزسازي تصويرها

با در نظـر گـرفتن بانـدهاي اصـلي و همچنـين بانـدهاي مصنوعي بدست آمـده از بـه كـارگيری روش‌هـاي مختلـف بهبود و بارزسازي داده‌ها، در مجموع باندهاي زيادي جهـت تجزيه و تحليل رقوميآزمايش شدند. در جدول ۱ بانـدهاي اصلي و نيز باندهاي مصنوعي در نظر گرفته شده براي انجام تجزيه و تحليل رقومي آمده است.



شكل ۵- منحنيهاي انعكاس طيفي پديده‌هاي مختلف در باندهاي چند طيفي تصويرهای سنجنده ASTER



شكل۶- منحنيهاي انعكاس طيفي پديده‌هاي مختلف در باندهاي چند طيفي تصويرهای سنجنده HRG

تعيين درستی نقشه‌هاي بدست آمده ازطبقـه‌بنـدي و تفسير تصويرهای

نتايج درستی نقشه‌هاي بدست آمده از دو خوارزمي (الگوريتم) متوازي السطوح و كمترين فاصله به ميزان قابل توجهي كمتر از بيشترين احتمال بود. بنابراين در ادامه از روش بيشترين احتمال بهره‌گيری شد. طبقه‌بندي داده‌ها به منظور ارزيابي نقش تجزيه و تحليل چند زمانه صورت گرفت (جدول۲ و شكل ۷). مجموعه باندي NDVI [NDVI(XS) , (VNIR)] درطبقه‌بندي چند زمانه بيشترين ضريب كاپا را داشت(جدول۲ و شكل ۷). در روش سلسله مراتبي و همچنين روش تلفيقي رقومي- چشمي پديده‌ها در كل منطقه مورد بررسی جدا شدند. سپس براي تعيين درستی تنها پديده‌ها در محل واقعيت زميني باقي و بقيه ماسک شدند (جدول ۲ و شكل ۷).

جدول ۱- مجموعه باندهاي در نظر گرفته شده جهت تجزيه و تحليل رقومي

باند	توضيحات
باندهاي اصلي سنجنده ASTER	VNIR(۱، ۲، ۳n) و SWIR (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶)
باندهاي اصلي سنجنده HRG	Pan و XS (۱، ۲، ۳، ۴)
Ratio1	VNIR3/VNIR2
Ratio2	VNIR3/VNIR1
Ratio3	XS3/XS2
Ratio4	XS3/XS1
NDVI(VNIR)	(VNIR3-VNIR2) / (VNIR3+VNIR2)
NDVI (XS)	(XS3 – XS2) / (XS3 + XS2)
Fusion IHS(۱،۲،۳) (XS)	سه باند بدست آمده از ادغام به روش تبديل فضاي رنگ
PCA1(VNIR(۱،۲،۳))	مولفه اول بدست آمده از تحليل مولفه‌هاي اصلي باندهاي مرئي و مادون قرمز نزديک سنجنده ASTER
PCA1(VNIR (۱،۲،۳) و SWIR (۱،۲،۳،۴،۵،۶))	مولفه اول بدست آمده از تحليل مولفه‌هاي اصلي تمام باندهاي اصلي سنجنده ASTER
PCA1(XS(۱،۲،۳،۴))	مولفه اول بدست آمده از تحليل مولفه‌هاي اصلي تمام باندهاي اصلي سنجندهHRG
PCA1(VNIR(۱،۲،۳) و XS(۱،۲،۳،۴))	مولفه اول بدست آمده از تحليل مولفه‌هاي اصلي باندهاي مرئي و مادون قرمز نزديک دو سنجنده ASTER و HRG

جدول ۲ – نتايج تعيين درستی طبقه‌بنديها در روش‌هاي مختلف

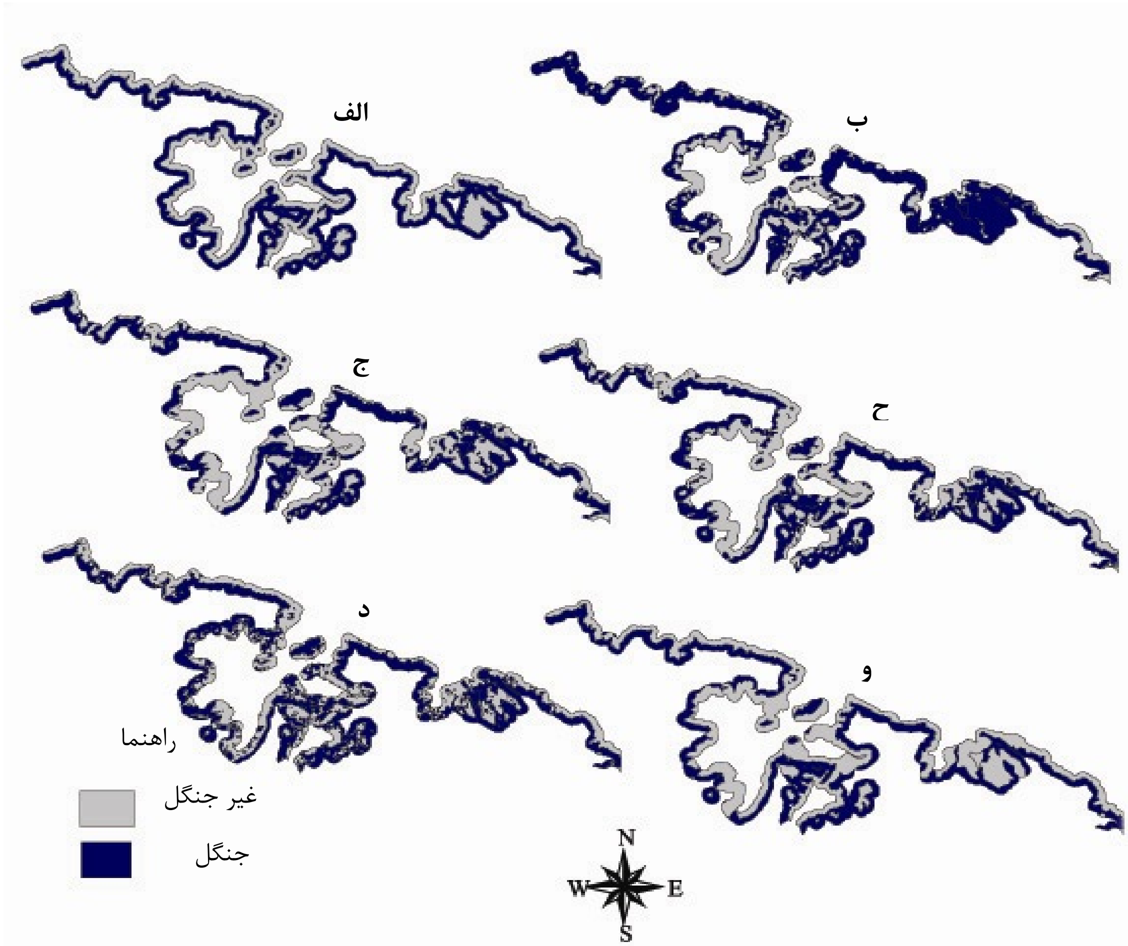
سنجنده	روش طبقه‌بندي	بهترين مجموعه باندي	درستی کلي (%)	ضريب کاپا	درستی کاربر (%)		درستی توليدکننده (%)	
					جنگل	باغ	جنگل	باغ
HRG	تک زمانه فصل رويشي (تابستان)	NDVI (XS)، XS3، PCA1 (XS)	۶۳/۱۵	۰/۲۸	۶۰/۵۰	۶۹/۳	۵۷/۶۰	۵۶/۶۱
ASTER	تک زمانه فصل خزان (زمستان)	VNIR3، SWIR5، VNIR2، NDVI(VNIR)، Ratio1	۷۱/۶۳	۰/۴۳	۷۱/۸۴	۷۱/۵۹	۶۰/۲۰	۷۳/۰۲
HRG, ASTER	چند زمانه	NDVI(VNIR), NDVI(XS)	۷۸/۵	۰/۵۷	۷۸/۸	۷۸/۵۱	۷۸/۵۱	۷۸/۵۳
HRG, ASTER	سلسله مراتبي	-	۸۲/۳۶	۰/۶۲	۸۵/۶۰	۸۱/۲	۷۹/۲	۸۸/۴
HRG, ASTER	تفسير رقومي- چشمي	-	۸۷/۳۰	۰/۷۱	۸۵/۶۰	۹۰/۱۲	۹۱/۹۰	۸۳/۵

بحث

در بررسی‌های سنجش از دوري لازم است پس از تهيه تصويرها، آن‌ها را بررسي و با پيش پردازش‌هاي اوليه جهت تجزيه و تحليل آماده كرد. اين امر در بررسی هايي كه علاوه بر جنبه‌هاي مكاني و طيفي، بعد زمان وارد مي‌شود، اهميت دوچنداني مي‌يابد. نتايج مطالب بدست آمده از تصحيح هندسي ضمن رفع خطاي جابجايي در اثر پستي بلندي به كمک مدل توتن و نقشه‌هاي رقومي ۱:۲۵۰۰۰ نشان دهنده قابليت بالاي مدل و نقشه‌هاي رقومي‌يادشده در رفع خطاي جابجايي از هندسه تصويرها مي‌باشد. نتايج پژوهش‌های انجام شده توسط درويش صفت و همكاران در سال ۲۰۰۴ و رفيعيان در سال ۱۳۸۲ نيز مويد اين مطلب است. از پيش پردازش‌هاي مهم در بررسی های سنجش از دور و به ويژه تصويرهای چند زمانه، تصحيح‌های راديومتري است. تاثير مسايلي مانند شرايط جوي مختلف در زمان كسب داده‌ها، زاويه ديد سنجنده‌هاي مختلف و همچنين اختلاف زاويه و ارتفاع خورشيد بر روي ارزش‌هاي بازتابش پديده‌ها (DN_s) مانع از وصول به درستی بالا در بررسی‌های سنجش از دور مي‌شوند. در اين رابطه، در دو تصوير مورد بهره‌گيری، خطاهاي راديو متري ناشي از سنجنده و جو در حد چشم‌پوشی بودند.

در اين بررسی حاضر با هدف جداسازي جنگل از غير جنگل، ارزش‌هاي پايين ايجاد شده در دامنه‌هاي جنگلي نسبت به پديده‌هاي غير جنگلي، در اثر شرايط نوردهي متفاوت مشكلي در جداسازي پديده جنگل از پديده‌هاي غبر جنگلي ايجاد نمي‌كرد، لذا نيازي به انجام تصحيح‌های مربوط به زاويه تابش خورشيد نبود. طبقه‌بندي تصويرها از دو فصل مختلف به صورت جداگانه و بويژه در فصل رويشي درستی بالايي نداشتند. گر چه نتايج بررسی (Langley et al, 2001) نشان دهنده درستی بالاي تصويرهای تک زمانه نسبت به چند زمانه بود، اما نتايج بررسی‌هاي زيادي از جمله، (Joshi et al, 2001)، (Tuerner and Congalton, 1998)، (Kato et al, 2001)، (Chacon-Moreno, 2004)، (Liu et al, 2002)، (Collins and Wood cock, 1996)، (Kurosu et al, 1999) و (Alvarez et al, 2003) گواهي بر كسب نتايج بهتر از تصويرهای چند زمانه نسبت به تصويرهای تک زمانه، در چنين بررسی هايي است.

ميزان ضريب كاپا با طبقه‌بندي چند زمانه نسبت به تک زمانه ۱۰ درصد بيشتر بود، بنابراين درستی طبقه‌بندي با بهره‌گيری از داده‌هاي چند زمانه به ميزان قابل توجهي بيشتر شد. نتايج بدست آمده از اين بررسی از نظر بالا بودن درستی طبقه‌بندي چند زمانه نسبت به تك زمانه مشابه پژوهش‌های قبلي زيادي از جمله (Guerschman et al, 2003)، (Liu et al, 2002) ، (Kato et al,2001)، (Sriboonpong et al, 2001) ، (Kurosu et al, 1999) و (Chacon-Moreno, 2004) مي‌باشند. درطبقه‌بندي تصويرهای چند زمانه توده‌هاي سوزني برگ، باغ‌هاي خزان كننده، زمين‌هاي كوچک عاري از پوشش درختي و سايه‌هاي موجود در بخش غير جنگل عمده ترين عامل‌های تداخل طبقه‌هاي جنگل و غير جنگل بودند. توده‌هاي سوزني‌برگ (بدون خزان) كه در فصل زمستان بازتابي مشابه با باغ‌هاي مركبات و چاي دارند، در هنگام جداسازي جنگل از غير جنگل جزء طبقه غير جنگل طبقه-بندي مي‌شدند. باغ‌هاي خزان كننده و زمين‌هاي عاري از پوشش درختي در بخش غير جنگل، به دليل بازتاب مشابه با جنگل جزء طبقه جنگل طبقه‌بندي شدند. سايه‌هاي ايجاد شده در بخش غيرجنگل به دليل ارزش‌هاي پايين جزء كلاسه جنگل طبقه‌بندي شدند. در اين بين وجود سوزني برگان كه فراواني بيشتري نسبت به موارد ياد شده داشتند بيشترين نقش را در كاهش درستی داشتند. ادغام باند pan سنجنده HRG با باندهاي چند طيفي كه در محدوه طيفي باند pan قرار داشتند، درستی طبقه‌بندي چند زمانه را چندان بهبود نبخشيد. اين ادغام تنها كمتر از ۱ درصد ضريب كاپا را افزايش داد.



شکل ۷- نقشه واقعيت زميني (الف) و نتايج بدست آمده ازطبقه‌بندي در محل واقعيت زميني، ب) تصوير فصل رويشي، ج) تصوير فصل خزان (زمستان)، ح) تصويرهاي چند زمانه، د) سلسله مراتبي، و) روش تلفيقي رقومي- چشمي

در روش سلسله مراتبي مشکل تـداخل سـوزني‌برگـان تـا حدودي حل شد. البته در جداسازي جنگل از اراضي زراعي در مرحله آخر اين روش، بين اين طبقه‌ها تداخل پيش آمد. با بهره‌گیری از روش سلسله مراتبي ضريب کاپا بـه ۰/۶۲ و درستی کلي به ۸۲/۳۶% رسيد که نسبت بـه طبقـه‌بنـدي چند زمانه، ضريب کاپا به ميزان ۵ درصد افزايش يافـت. در روش سلسله مراتبي، سايه در منطقـه‌هـای غيـر جنگلـي و مزارع بيشترين تـداخل را بـين طبقـه‌هـا ايجـاد نمـود. در پـژوهش (Tuerner and Congalton, 1998)، نيـز طبقه‌بندي به روش سلسله مراتبـي نتـايج بهتـري از ديگـر روش‌ها ارائه داد. تفسير رقومي_ چشمي بهتـرين نتـايج را ارائه داد. ضريب کاپا ۰/۷۱ و درسـتی کلـي ۸۷/۳% درصـد نشان دهنده دقت بالاتر اين روش نسبت به روش‌هاي ديگر است. دراين روش ضريب کاپا نسبت به روش چند زمانه ۱۵ درصد و نسبت به روش سلـسله مراتبـي ۱۰ درصـد بهبـود پيدا نمود. درستی بالاي اين روش به دليـل اخـتلاط پيـدا نکردن منطقه‌های مسکوني، اراضي زراعي و باغ‌هـاي خـزان کننده با طبقه جنگل بود. در اين روش وجود سوزني برگان بيشترين عامل خطا بود و مفسر نمي‌تواند در هنگام تفـسير اين پديده را از بخش بـاغ‌هـاي هميـشه سـبز جـدا نمايـد. هرچند که واقعيت زميني در محل بيـشترين تـداخل بـين طبقه‌ها و رويداد خطا تهيه شده اسـت ولـي نتـايج تعيـين

درستی نشان از دقت خوب تجزیه و تحلیل تصویرهای چند زمانه در جداسازی مرز جنگل دارد. لذا به هنگام تهیه نقشه‌هاي جنگل در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مي‌توان در منطقه‌هایی که مشکل تشابه بازتاب بین جنگل و پدیده‌هاي مجاور آن وجود دارد، با بهره‌گیری از تصویرهای چند زمانه ماهواره‌اي و روش‌هاي رقومي و رقومي‌چشمي‌با درستی به نسبت بالايي جنگل را از غیر جنگل جدا نمود.

بر پایه نتایج این بررسی پیشنهاد مي‌شود ۱- در به هنگام سازي نقشه‌هاي توپوگرافي ۲۵۰۰۰ ۱ جنگل‌هاي شرق گیلان و غرب مازندران از تصویرهای چندزمانه براي جداسازی مرز جنگل بهره‌گیری شود. ۲- در تعیین مرز جنگل با بهره‌گیری از تصویرهای چند زمانه، از روش تفسیر رقومي- چشمي‌بهره‌گیری شود.

منابع

۱- درویش صفت، علي اصغر، ۱۳۸۱. ادغام داده‌هاي ماهواره‌اي، مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک ۸۱، سازمان نقشه برداري کشور، تهران.

۲- رفیعیان، امید، ۱۳۸۲، بررسي تغییرات گستره جنگل‌هاي شمال کشور بین سالهاي ۷۳ تا ۸۰ با استفاد از تصویرهای سنجنده +ETM، پایان نامه کارشناسي ارشد، دانشکده منابع طبیعي، دانشگاه تهران، ۱۲۲ صفحه.

۳- غیاثوند، غلامرضا، ۱۳۷۷. تغییرات کاربري اراضي با بهره گیری از تصویرهای ماهواره‌اي چند زمانه، پایان نامه کارشناسي ارشد، دانشکده علوم انساني، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۴۵صفحه.

4- Abuelgasim, A.A., W.D. Ross, S. Gopal & C.E. Woodcock, 1999. Change detectioning adaptive fuzzy neural networks environmental damage assessment after the GulfWar. Remote Sensing of Environment, 70, 208–223.

5- Alvarez., R., R. Bonifaz., R.S. Lunetta & A.L. Cabrera, 2003. Multitemporal land-cover classification of Mexico using Landsat MSS imagery, International Journal of Remote Sensing, 24(12) 2501-2514.

6- Chacon-Moreno, E.J, 2004. Mapping savanna ecosystems of the Lianos Del Orinoco using multitemporal NOAA satellite imagery, International journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 5(5) 41-53.

7- Collins, J. B & C. E. Woodcock, 1996. An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal landsat TM data, Remote Sensing of Environment, 59 (59) 66-77.

8- Drarvishsefat, A. A., P. Fatehi., A. Khalil Pour & A. Farzaneh, 2004. Comparison of SPOT5 and Landsat7 for Forest Area Mapping, XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey.

9- Gemmell, F. M, 1995. Efects of forest cover, terrain, and scale on timber volume estimation with Thematic Mapper data in a rocky mountain site, Remote Sensing of Environment, 51 291–305.

10- Guerschman, J.C., J.M. Paruelo, C. Dibella, M.C. Giallorenzi & F. Pacin, 2003. Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data, International Journal of Remote Sensing 24(16) 3381-3402.

11- Joffre R. & B. Lacaze, 1993. Estimating tree density in oak savanna-like ‘dehesa’ of Southern Spain from SPOT data. International Journal of Remote Sensing, 14 685–697.

12- Joshi, P.K., S.S. Agarwal & P.S. Roy, 2001. Forest cover assessment in western Himalayas, Himachal Pradesh using IRS 1C/ 1D Wifs data, Indian Institute of Remote sensing (National Remote Sensing Agency) CURRENT SCIENCE, 80 (8) 941 – 947.

13- Kato, M., T. Sonobe, M. Oyanagi, Y. Yasuoka, M. Tamura & M. Hayashi, 2001. Aster data utilization for wetland mapping and forest mapping, Asian conference on remote sensing.

14- Kurosu, T., S.Uratsuka, H. Maeno & T. Kozu, 1999. Texture statistics for classification of land use with multitemporal JERS-1 SAR single-look imagery. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37 227–235.

15- Langley, S. K., H.M. Cheshire & K.S. Humes, 2001. A comparison of single data and multitemporal satellite image classifications in a semi – arid grassland, Journal of Arid Environments, 49 (40)401 – 411.

16- Liu, Q. I., T. Takamura & N. Takeuchi, 2002. Mapping of boreal vegetation of a temperate mountain in China by multitemporal Landsat TM imagery, International Journal of Remote Sensing, 23 (17) 3385-3405.

17- Mickelson, J. G., D. L. Civco. & J. A, Silander. 1998. Delineating forest canopy species in the northeastern United States using multi-temporal TM imagery, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64 891–904.

18- Nemani, R., L. Pierce. & S, Running, 1993. Forest ecosystem processes at the watershed scale Sensitivity to Remotely-Sensed Leaf Area Index Estimates. International Journal of Remote Sensing, 14 2519–2534.

19- Sriboonpong, S., Y.A. Hussin & A.D. Gier, 2001. Assessment of Forest Recovery After Fire Using Landsat TM Images and GIS Techniques A Case Study of Mae Wong National Park, The 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Thailand.

20- Trotter, C. M., J. R. Dymond. & C. J. Goulding., 1997. Estimation of timber volume in a coniferous plantation forest using Landsat TM, International Journal of Remote Sensing, 18 2209–2223.

21- Turner, M. D & R. G. Congalton, 1998. Classification of multitemporal Spot-XS satellite data for mapping rice fields on a west African floodplain, International Journal of Remote Sensing, 19(1) 21-41

Delineation of northern boundary of Caspian forest using multitemporal satellite images (Case study: Chaboksar forests)

F. Poorshakori Allahdeh[1], A. A. Darvishsefat[*2] and A. Khalilipoor[3]
[1] M. Sc. in Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[3] Senior Expert, Forests and Rangeland Organization of Iran, I. R. Iran
(Received 13 March 2006, Accepted 23 June 2007)

Abstract

Because in the most cases separation of forest boundary with monotemporal images is not possible, this study was performed with multitemporal images in order to delineate Caspian forests boundaries in Iran (case study in Chaboksar). In addition to deciduous broad-leaved forests there are afforested coniferous evergreen stands, tea and citrus orchards, farms and orchards with deciduas species in the study area. Spot-HRG and Terra-ASTER images from two different dates (14.8.2002 and 28.2.2002) were selected for this study. Radiometric errors were negligible and geometric correction (orthorectification) was precisely applied using digital elevation model. Two images were registered with each other. After defining forest and non-forest classes, the suitable training areas were determined and revised. Separation of forest and non-forest classes was carried out by monotemporal classification, multitemporal classification, hierarchical and digital-visual hybrid approaches. In order to determine the accuracy of maps resulted from interpretation and classifications a ground truth (forest boundary) was prepared using surveying with GPS. The length of selected surveying route was 64.5 km. The results of different classifications were compared with ground truth and their accuracy was determined. Kappa coefficient for classification of growing season and leafless season images, multitemporal classification, hierarchical approach and digital-visual hybrid interpretation were 0.28, 0.43, 0.57, 0.62 and 0.71 respectively. The most and least accuracy were related to digital-visual interpretation and classification of growing season image respectively. Results showed that forest boundary can be separated from non-forests by multitemporal images with high and acceptable accuracy. Based upon knowledge, experiences and the current study it is strongly suggested that leafless season images accompanied by growing season image, should be used in updating process of topographic maps of Caspian forests in such region.

Keywords: Multitemporal images, SPOT-HRG, ASTER, Forest boundary, Ground truth, Hierarchical, Accuracy.

* Corresponding author: Tel: +98 261 2249312 , Fax: +98 261 2249312 , E-mail: adarvish@ut.ac.ir