



مقایسه میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه پوشش گیاهی

امیر احمدپور^{۱*}، کریم سلیمانی^۲، مریم شکری^۳، جمشید قربانی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران

۳. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران

۴. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه مازندران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۳ مهر ۱۳۹۲

پذیرش: ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۳

دسترسی اینترنتی: ۲۴ آبان ۱۳۹۳

واژه‌های کلیدی:

ضریب کاپا

طبقه بندی تصویر

طبقه بندی نظارت شده

سنجش از دور

تصویر لندست

تصویر IRS

چکیده

استفاده از فناوری‌های نوینی همچون سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت مطالعه اکوسیستم‌های گیاهی و به خصوص تهیه نقشه‌های زمین پوشش، مستلزم شناخت کارایی این ابزار و نیز شناسایی بهترین روش‌های کاربرد آنها می‌باشد. هدف از انجام این مطالعه مقایسه میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای (روش حداقل فاصله از میانگین، روش متوازی السطوح و روش حداکثر احتمال) در تشخیص گروه‌های گیاهی منطقه حفاظت شده گل‌ول و سرانی (استان خراسان شمالی) می‌باشد. بدین منظور ۱۴۳ نمونه تعلیمی از مناطقی که تا شعاع حداقل ۳۰ متری ترکیب همگنی از گونه‌های گیاهی را نشان می‌دادند جمع‌آوری و مختصات آنها به وسیله دستگاه GPS ثبت و به محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی منتقل شد. داده‌های ماهواره‌ای شامل تصاویر ماهواره‌های Landsat ETM⁺ و IRS LISS III بود که هر یک با استفاده از نرم‌افزار ENVI 4.2 آماده‌سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میزان کارایی هر روش طبقه‌بندی با محاسبه دو شاخص صحت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kappa Coefficient) بررسی گردید. نتایج نشان دادند که در بین روش‌های بکار برده شده، روش حداکثر احتمال بیشترین میزان دقت را در طبقه‌بندی هر دو گروه داده‌های ماهواره‌ای دارد (OA=۸۲/۱۹، KA=۰/۷۷۲، OA=۰/۸۷۸ و KA=۰/۷۷۲) و در مقابل روش متوازی‌السطوح نیز کمترین میزان دقت را در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه داشت (OA=۵۸/۷۶، KA=۰/۴۷۸، OA=۰/۵۹۳ و KA=۰/۴۷۸). این نتایج نشان می‌دهد که برداشت نمونه‌های تعلیمی کافی از طبقات موجود در طبیعت و بررسی میزان احتمال تعلق هر یک از پیکسل‌های تصاویر ماهواره‌ای به این طبقات، به خوبی می‌تواند در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی موجود در منطقه مفید واقع شود.

* amirahmadpoor@gmail.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

شناخت ویژگی‌های پوشش‌های گیاهی و روابط موجود در بین گونه‌های گیاهی و نیز عوامل محیطی همواره مورد توجه بوم‌شناسان بوده است (۱۲، ۲۰، ۲۵ و ۳۱). دلیل این توجه، اهمیت زیاد پوشش‌های گیاهی از نظر زیستگاهی، تولید انرژی و دیگر خصوصیات مهم گیاهان بر روی کره زمین می‌باشد. چنین شناختی به مطالعه دقیق و مستقیم گیاهان از نزدیک و با استفاده از ابزار و روش‌های ویژه‌ای نیازمند بوده است که همواره این مطالعات را دشوار، هزینه بر و وقت‌گیر ساخته است. از جمله اطلاعات مفیدی که جهت مطالعه پوشش‌های گیاهی جمع‌آوری و تهیه می‌شود نقشه پوشش‌های گیاهی است که نیازمند نمونه‌برداری‌ها و مطالعات صحرایی مختلفی می‌باشد (۳۳). امروزه با ورود روش‌ها و فنون جدید در قلمرو بوم‌شناسی گیاهی (۶، ۱۸، ۲۸، ۳۸ و ۴۰) می‌توان گفت که تا حدود زیادی این مشکلات کاهش یافته است هرچند که مسائل و مشکلات خود این روش‌ها همچنان دست به گریبان مطالعات بسیار پیچیده بوم‌شناسی گیاهی می‌باشد.

فنون سنجش از دور بر اساس طیف بازتابش شده از عوارض و گیاهان موجود در سطح زمین و دریافت و تشخیص آن‌ها بوسیله سنجنده‌های ماهواره‌ای عمل می‌کنند. گروه گیاهی به اجتماع گروهی از گیاهان در یک منطقه خاص اشاره دارد؛ در عین حال آن را به عنوان سطح نامشخصی از طبقات جامعه‌شناسی گیاهی نیز تعریف می‌کنند (۴). از آنجا که هر گونه گیاهی دارای طول موج بازتابشی خاصی از طیف الکترومغناطیسی می‌باشد، در صورتی که جوامع گیاهی طبق نظریه واحد جامعه دارای ترکیب مشخصی از گونه‌های گیاهی باشند، با استفاده از سنجنده‌های خاص می‌توان آن‌ها را ردیابی کرد (بنابراین این روش در مناطقی انجام‌پذیر است که تفکیک‌پذیری خوبی در بین جوامع گیاهی آن موجود باشد). در اینجا فرض بر این است که ترکیب مشخصی از گونه‌های گیاهی باید الگوی مشخصی از طیف الکترومغناطیسی را نیز ایجاد کنند. همچنین از آنجا که جوامع گیاهی بر اساس گونه‌های غالب تشخیص داده می‌شوند و این گونه‌های غالب قادرند جلوه ویژه‌ای را برای آن جامعه ایجاد کنند، بنابراین آن‌ها می‌بایست عکس‌العمل طیفی متمایزی را از یکدیگر نشان

دهند. روشی که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد آزمون تفکیک‌پذیری طیفی است (۳۴ و ۴۱). به کمک این روش در صورت توانایی داده‌های ماهواره‌ای در تفکیک جوامع گیاهی می‌توان با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی تصویر، نقشه جوامع گیاهی منطقه مورد نظر را به راحتی و با سرعت و دقت بالایی تهیه کرد (۵، ۱۴، ۲۳، ۲۶، ۲۷ و ۳۰). روش‌های طبقه‌بندی به طور کلی به دو دسته روش‌های نظارت‌نشده و روش‌های نظارت‌شده تقسیم می‌شوند که در طبقه‌بندی‌های نظارت‌شده پس از انجام نمونه‌برداری‌های صحرایی از طبقات موجود در طبیعت و معرفی خصوصیات طیفی هر یک از آن‌ها (در روی تصویر ماهواره‌ای) به نرم‌افزار، عمل طبقه‌بندی بر روی تمامی تصویر انجام می‌گیرد. طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش‌های مختلفی انجام می‌شود که از رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به روش‌های حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین و روش متوازی‌السطوح اشاره کرد. کاربردهای دیگر روش‌های دورکاوی در علوم گیاهی عبارتند از: مطالعات جغرافیای گیاهی (۹)، مطالعات تنوع زیستی (۸ و ۱۷)، تعیین تغییرات پوشش‌های گیاهی در طول زمان (۱۳ و ۴۶)، ارزیابی و پایش میزان تولید در پوشش‌های گیاهی (۷، ۱۹ و ۴۷)، توصیف پراکنش اشکال مختلف رویشی در اکوسیستم‌های گیاهی (۱، ۳۲ و ۳۶).

بر این اساس و به منظور دستیابی به نتایج بهتر در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، روش‌های جدیدتری از قبیل پیکسل‌گرا، فازی، شبکه عصبی و یا شیء‌گرا به وجود آمده است (۱۵، ۳۹، ۴۲، ۴۵، ۴۶، ۴۹ و ۵۰). به‌طور کلی تمامی روش‌های طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی بر رابطه بین طبقه‌بندی جوامع گیاهی توسط اکولوژیست‌ها و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به وسیله دانشمندان علوم سنجش از دور تکیه دارد (۴۰). بدیهی است که این موضوع نیز خود علاوه بر قدرت تفکیک‌پذیری مکانی و طیفی داده‌های ماهواره‌ای به روش‌های بکار گرفته شده جهت طبقه‌بندی نیز وابسته می‌باشد (۱۶، ۳۵ و ۴۴). از اینرو برای دستیابی به نتایجی با صحت مناسب، استفاده از روش‌های دورکاوی در مطالعه پوشش‌های گیاهی می‌بایست همراه با انجام نمونه‌برداری و مطالعات میدانی و نظارت کارشناسانه متخصصین صورت گیرد (۴۳). در هر حال، میزان کارایی این روش‌ها و نیز داده‌های به دست آمده از

عنوان پارک ملی شناخته شده و در این مدت بارها محدوده آن تغییر یافته است. طول جغرافیایی این منطقه بین $58^{\circ} 13'$ تا $52^{\circ} 52'$ شرقی و عرض جغرافیایی آن بین $37^{\circ} 42'$ تا $37^{\circ} 53'$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). این منطقه از نظر توپوگرافی بسیار متغیر بوده و یک منطقه شدیداً کوهستانی به شمار می‌رود، به گونه‌ای که حداقل ارتفاع آن 1340 و حداکثر آن 2920 متر از سطح دریا می‌باشد و سطح آن را ناهمواری‌های شدیدی با ارتفاعات مختلف می‌پوشاند. پوشش گیاهی منطقه اغلب از درختان ارس و گونه‌های مرتعی تشکیل شده است و در واقع می‌توان یکی از متراکم‌ترین جنگل‌های ارس کشور را در این منطقه مشاهده کرد که همگی از گونه *Juniperus polycarpus* هستند (۳). متوسط بارندگی منطقه 400 تا 500 میلیمتر در سال بوده و حداقل و حداکثر دمای سالانه آن به ترتیب -28 و $+25$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و فصل رویشی در آن از اواسط اردیبهشت‌ماه شروع می‌شود. همچنین کشت یونجه در قسمت‌هایی از این منطقه بر اساس طرح‌های منابع طبیعی استان خراسان انجام شده است که منبع بسیار خوبی برای مقایسه نتایج در این مطالعه می‌باشد (شکل ۲).

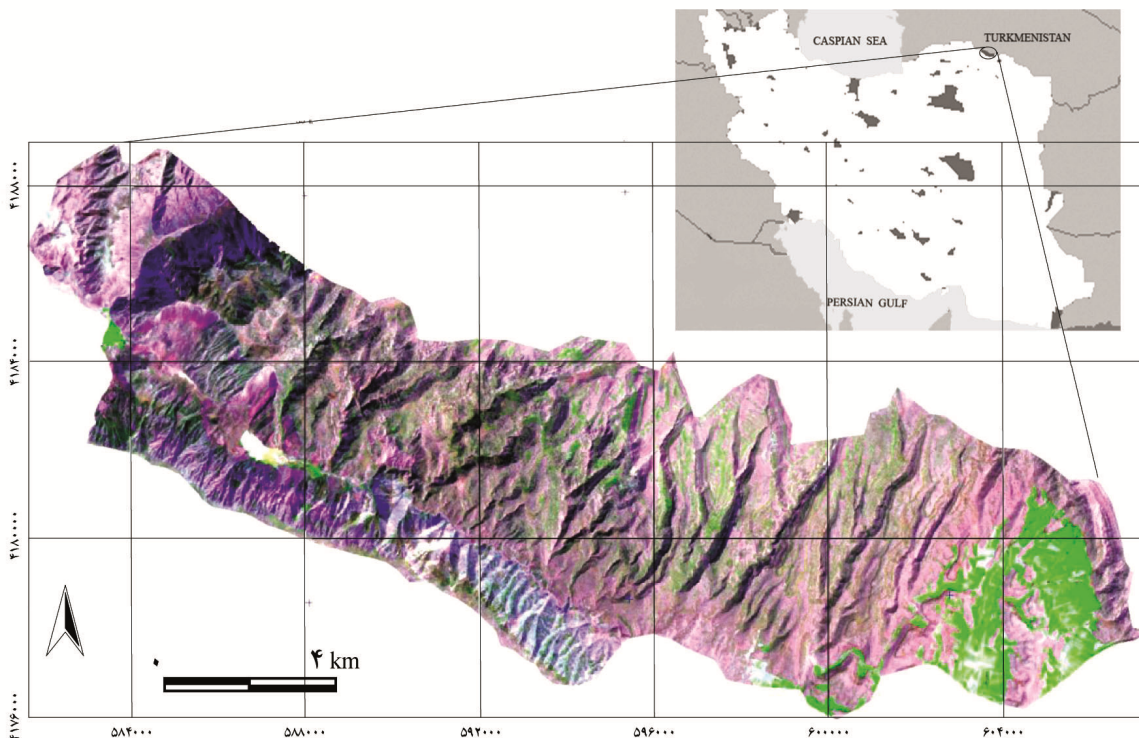
تصاویر ماهواره‌ای مختلف جهت انجام مطالعات پوشش‌های گیاهی چیزی است که همواره باید مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. داده‌های ماهواره‌ای IRS و Landsat از جمله پرکاربردترین منابع اطلاعاتی در مطالعات پوشش‌گیاهی می‌باشند. قدرت تفکیک مکانی و طیفی نسبتاً خوب این داده‌ها می‌تواند اطلاعات مناسبی را در اختیار محققان علوم گیاهی قرار دهد.

هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان کارایی سه روش رایج طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای برای تشخیص گروه‌های گیاهی در منطقه حفاظت شده گلول و سرانی در استان خراسان شمالی می‌باشد.

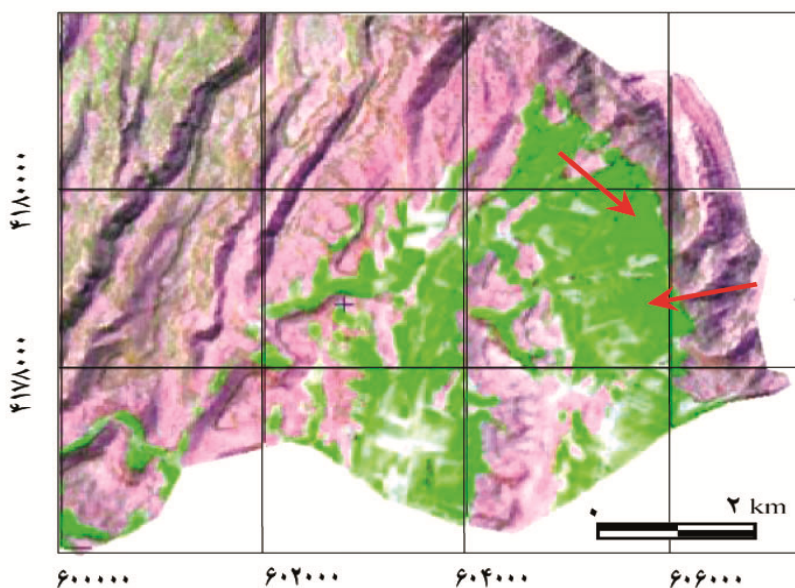
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده گلول و سرانی با مساحتی در حدود 16827 هکتار در فاصله 75 کیلومتری شمال شهرستان شیروان، استان خراسان شمالی، شمال شرقی ایران قرار دارد. این منطقه از سال 1350 تاکنون گاه به عنوان منطقه حفاظت شده و گاه به



شکل ۱. موقعیت مناطق حفاظت شده در کشور و تصویر ماهواره IRS-P6 LISSIII از منطقه حفاظت شده گلول و سرانی



شکل ۲. کشت‌های خالص یونجه (رنگ سبز روشن) که با پیکان روی نقشه نشان داده شده است

مطالعات کتابخانه‌ای

نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در محیط GIS و با استفاده از نرم‌افزار Arcview3.3 رقومی و جهت انجام مطالعه آماده‌سازی شد. تصاویر ماهواره‌ای Landsat ETM⁺ که در این مطالعه از پنج باند اصلی (۲، ۳، ۴، ۵ و ۶) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر و باند پانکروماتیک (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر) آن استفاده شد. این داده‌ها جهت دستیابی به یک قدرت تفکیک مکانی بهتر همراه با یک قدرت تفکیک طیفی مناسب، با استفاده از روش HSV در یکدیگر ادغام شدند (۲۷). از باند ۱ (آبی) و ۷ (مادون قرمز حرارتی) این ماهواره به علت پایین بودن نقش آن‌ها در مطالعات پوشش گیاهی استفاده نشد. تصحیحات لازم رادیومتریک و هندسی و نیز تصحیح عمودی (Orthorectification) بر روی این تصویر انجام شد و این تصویر به عنوان تصویر پایه جهت انجام تصحیحات هندسی بر روی تصاویر دیگر مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر ماهواره‌ای IRS-P6 که در این مطالعه از باندهای ۲، ۳، ۴ و ۵ LISSIII (با قدرت تفکیک مکانی ۲۳/۵ متر) مربوط به تاریخ ۲۲ ژوئن ۲۰۰۷ استفاده شد (جدول ۱). این داده‌ها نیز به وسیله نرم‌افزار ENVI4.2 آماده‌سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

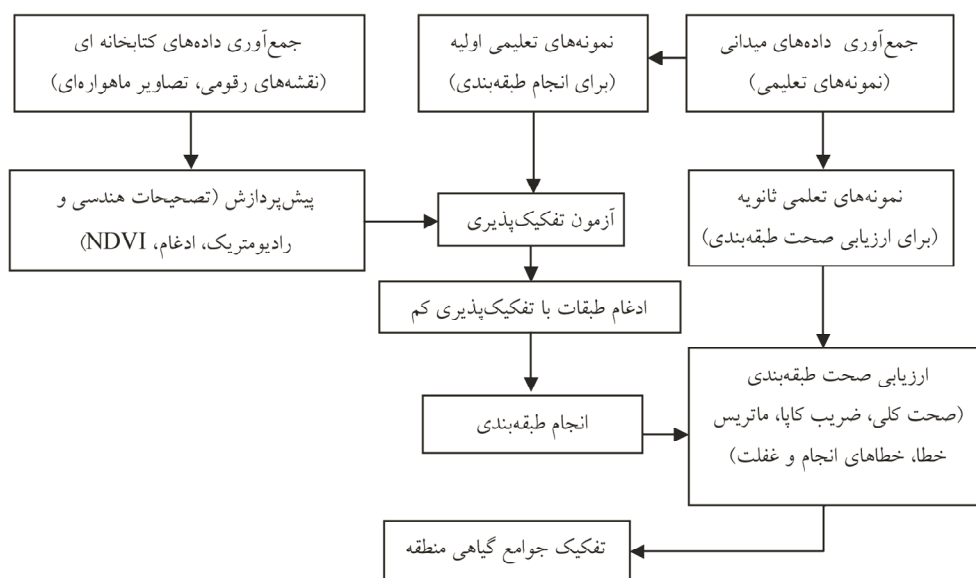
داده‌های میدانی

این داده‌ها شامل ۱۴۳ نمونه تعلیمی بود که به روش تصادفی از نقاطی برداشت شد که تا شعاع حداقل ۳۰ متری یک تیپ همگن از پوشش گیاهی را نشان می‌داد (نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده). برای انجام آنالیز بر روی داده‌های ماهواره‌ای IRS LISSIII تعداد ۱۱۰ عدد از این نمونه‌ها به عنوان نمونه تعلیمی جهت انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال استفاده شد و ۳۳ عدد نیز برای بررسی میزان صحت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. برای داده‌های ماهواره Landsat ETM⁺ نیز به علت برخی تغییرات در کاربری‌های اراضی منطقه، تنها از ۱۳۹ نمونه تعلیمی استفاده شد (۱۰۵ عدد برای انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده و ۳۴ عدد برای بررسی صحت طبقه‌بندی). لازم به ذکر است که ۱۲۱ هکتار از بخش غربی منطقه به علت شرایط دشوار و دور از دسترس بودن، از محدوده مطالعاتی حذف و بنابراین تنها برای ۱۶۷۰۶ هکتار از منطقه نمونه تعلیمی تهیه شد. مختصات نقاط نمونه‌برداری به وسیله دستگاه GPS ثبت و سپس به پایگاه اطلاعاتی سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شد.

جدول ۱. قدرت تفکیک طیفی و مکانی داده‌های ماهواره‌های Landsat و IRS مورد استفاده

| دامنه طیفی (nm) | | قدرت تفکیک مکانی (m) | | باند |
|-----------------|-------------|----------------------|---------|---------------|
| IRS | Landsat | IRS | Landsat | |
| - | ۴۵۰ - ۵۲۰ | - | ۳۰ | آبی |
| ۵۲۰ - ۵۹۰ | ۵۲۰ - ۶۰۰ | ۲۳/۵ | ۳۰ | سبز* |
| ۶۲۰ - ۶۸۰ | ۶۳۰ - ۶۹۰ | ۲۳/۵ | ۳۰ | قرمز* |
| ۷۷۰ - ۸۶۰ | ۷۶۰ - ۹۰۰ | ۲۳/۵ | ۳۰ | فروسرخ نزدیک* |
| ۱۵۵۰ - ۱۷۰۰ | ۱۵۵۰ - ۱۷۵۰ | ۲۳/۵ | ۳۰ | فروسرخ نزدیک* |
| - | ۲۰۸۰ - ۲۳۵۰ | - | ۳۰ | فروسرخ میانی* |
| - | ۱۰۴۰ - ۱۲۵۰ | - | ۶۰ | فروسرخ حرارتی |
| ۴۵۰ - ۸۵۰ | ۵۲۰ - ۹۰۰ | ۵/۸ | ۱۵ | پانکروماتیک* |

۱. باندهای استفاده شده در این مطالعه



شکل ۳. مراحل انجام مطالعه به منظور بررسی تفکیک‌پذیری جوامع گیاهی بر روی تصاویر ماهواره‌ای

روش تحقیق

پیش‌پردازش و آماده‌سازی داده‌ها

همان‌طور که اشاره شد ابتدا نقشه توپوگرافی منطقه در محیط GIS رقومی شده و از آن مدل رقومی ارتفاع و نقشه شیب و جهت شیب منطقه استخراج شد. سایر اطلاعات مانند شبکه زهکشی، نقشه جاده‌ها و سایر کاربری‌های اراضی منطقه نیز به عنوان کارهای مقدماتی جهت انجام مطالعات صحرایی تهیه گردید. تصاویر ماهواره‌ای نیز از نظر هندسی تصحیح شدند؛ در صورتی که از نظر رادیومتریک تصحیحات لازم توسط سازمان جغرافیایی ارتش بر روی آن‌ها انجام شده بود. پس از آن محدوده منطقه مورد مطالعه از فریم تصویر

ماهواره‌ای برش داده شد. شاخص NDVI که به تراکم پوشش گیاهی حساس می‌باشد نیز جهت شناسایی مناطق بدون پوشش گیاهی (آب‌ها، صخره‌ها، ساختمان‌ها و ...) بکار رفت. بدین منظور بخش‌هایی از تصویر مربوط به باند مصنوعی NDVI که عدد رقومی (Digital Number) کمتر از ۰/۰۱ را نشان می‌دادند با استفاده از عمل ماسک از تصویر حذف شد. همچنین داده‌های باند پانکروماتیک ماهواره Landsat با داده‌های سایر باندهای این ماهواره (به روش HSV) ادغام و این داده‌ها جهت انجام آزمون تفکیک‌پذیری طیفی آماده گردید (شکل ۳).

جمع‌آوری داده‌ها

Landsat و ۱۱۰ تا برای داده‌های IRS) تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی شده و آنگاه میزان صحت هر یک از طبقه‌بندی‌ها به کمک نمونه‌های تعلیمی باقیمانده (۳۴ عدد برای داده‌های Landsat و ۳۳ عدد برای داده‌های IRS) بررسی، ماتریس خطای آن تشکیل و مقادیر صحت کلی، ضریب کاپا و نیز خطای کمیسیون (comission) و امیسیون (omission) هر طبقه برای هر روش محاسبه شد.

روش حداکثر احتمال

در این روش که از سایر روش‌های موجود برای طبقه‌بندی دقیق‌تر است میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی نیز استفاده می‌شود. به بیان دیگر برای بررسی نحوه توزیع ارزش‌های طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروه‌های نمونه از ماتریکس واریانس و بردار میانگین که خود واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی را تعریف می‌کنند، استفاده می‌شود. با استفاده از عامل شدت احتمال، هر یک از پیکسل‌های تصویر پس از آزمون آماری و محاسبه احتمال تعلق آن‌ها به گروه‌های طیفی نمونه، به گروه مربوطه تعلق می‌گیرد (۲).

در مطالعات صحرایی ابتدا اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی منطقه شد که پس از شناسایی، لیست فلورستیک منطقه تهیه گردید. در این مطالعه مجموعاً ۱۶۹ گونه گیاهی متعلق به ۱۳۸ جنس و ۴۰ خانواده شناسایی شد. ۱۴۳ نمونه تعلیمی از مناطقی که تا شعاع حداقل ۳۰ متری ترکیب همگنی را نشان می‌دادند برداشت شد؛ ضمن آنکه از بین آن‌ها، ۴۴ قطعه نمونه نیز به روش براون‌بلانکه (رلووه) (۴۸) جهت اطمینان از تشخیص درست اجتماعات گیاهی جمع‌آوری شد. مختصات تمامی این نقاط توسط دستگاه GPS (با خطای حداکثر ۴ متر) ثبت و جهت انجام آنالیز و تجزیه و تحلیل به سیستم اطلاعات جغرافیایی منتقل شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جوامع گیاهی موجود در منطقه (جدول ۲) با استفاده از داده‌های صحرایی جمع‌آوری شده و نیز بر اساس گونه‌های غالب، به‌طور بصری، مشخص شدند. طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از سه روش حداکثر احتمال (Maximum Likelihood)، حداقل فاصله از میانگین (Minimum Distance to Mean) و متوازی‌السطوح (Parallelepiped) انجام گرفت. بدین منظور با استفاده از نمونه‌های تعلیمی جمع‌آوری شده (۱۰۵ تا برای داده‌های

جدول ۲. لیست گروه‌های گیاهی تشخیص داده شده در منطقه به همراه ویژگی‌های آن‌ها

| اختصار | شرح | گروه گیاهی |
|-------------|--|---|
| Ac.pt-Ag.in | یک جامعه متراکم از گونه‌های بالشتکی و گندمیان که اغلب در قسمت‌های پایینی دامنه کوه‌ها در شرق منطقه قرار گرفته است. | <i>Acantholimon pterostegium-Agrophyron intermedium</i> |
| Ju.po-Ag.in | جنگل نامتراکم ارس که توسط جامعه متراکمی از گندمیان در بر گرفته شده است و اغلب بر روی شیب‌های مقعر منطقه حضور دارد. | <i>Juniperus polycarpus-Agrophyron intermedium</i> |
| Ju.po-On.co | جنگل نامتراکم ارس که توسط جامعه متراکم گونه‌های بالشتکی در بر گرفته شده است و اغلب در ارتفاعات بخش‌های جنوبی منطقه دیده می‌شود. | <i>Juniperus polycarpus-Onobrychis cornuta</i> |
| Ju.po-Ar.ko | جنگل نامتراکم ارس که توسط جامعه متراکم گونه‌های نیمه‌چوبی در بر گرفته شده است و اغلب در ارتفاعات بخش‌های غربی منطقه دیده می‌شود. | <i>Juniperus polycarpus-Artemisia kopetdaghensis</i> |
| Me.sa | کشت‌های خالصی از یونجه که بر اساس طرح‌های اداره منابع طبیعی استان خراسان انجام شده و اغلب در بخش شرقی منطقه قرار گرفته است. | <i>Medicago sativa</i> |

روش حداقل فاصله از میانگین

در این روش طبقه‌بندی پس از مشخص شدن پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه‌های انتخابی هر طبقه را به خود اختصاص داده است، فاصله هر پیکسل طبقه‌بندی نشده با پیکسل‌های میانگین مقایسه می‌شود و پیکسل مورد نظر به کلاسی تعلق می‌گیرد که نزدیکترین فاصله را با میانگین آن دارد. به همین ترتیب تمام پیکسل‌های هر تصویر به طبقات مربوط تعلق می‌گیرند و طبقات مختلف تصویر از هم جدا می‌شوند.

روش متوازی السطوح

در این روش ابتدا با توجه به دامنه طیفی طبقات نمونه که بر روی تصویر انتخاب شده است واریانس ارزش‌های طیفی محاسبه می‌شود و سپس با استفاده از حداقل و حداکثر ارزش طیفی طبقات نمونه در باندهای مختلف چهار ضلعی‌هایی ایجاد می‌گردد که به آن‌ها اصطلاحاً شبکه‌های موازی گفته می‌شود. پس از ایجاد شبکه‌های موازی پیکسل‌های تصویر بسته به اینکه در کدام یک از چهار ضلعی‌ها قرار گیرند طبقه‌بندی و به گروه‌های منطبق با مناطق نمونه تفکیک می‌شوند. صحت کلی برابر با نسبت تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده یک طبقه به کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده در تمامی طبقات می‌باشد. ماتریس خطا میزان تطابق هر کلاس طبقه‌بندی شده را با واقعیت زمینی نشان می‌دهد و در آن می‌توان میزان قرار گرفتن اشتباهی یک طبقه را در طبقات دیگر مشاهده کرد. قطر ماتریس خطا درصد کلاس‌های درست طبقه‌بندی شده و سایر سلول‌های آن میزان خطای کمسیون (ردیف هر طبقه در ماتریس خطا) و خطای امیسیون (ستون هر طبقه در ماتریس خطا) را نشان می‌دهد (۲۹).

ضریب کاپا نیز تشریح کننده میزان تطابق بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی می‌باشد با توجه به این نکته که تطابق‌های اتفاقی بوجود آمده، از ملاحظات حذف می‌شوند (۳۴).

نتایج و بحث

در منطقه مورد مطالعه ۵ گروه گیاهی تشخیص داده شد که نتایج در جدول ۲ آورده شده است. متغیر ارتفاع یکی از مؤثرترین عوامل در تفکیک جوامع گیاهی می‌باشد و از آنجا که تغییرات ارتفاع و دیگر شرایط توپوگرافی از قبیل شیب و جهت شیب در منطقه حفاظت شده گلول و سرانی بسیار زیاد می‌باشد، این شرایط تنوع زیستگاهی بیشتری را در منطقه ایجاد کرده که در نهایت منجر به ناهمگنی بیشتر در ترکیب گونه‌های گیاهی جوامع مختلف نسبت به یکدیگر شده است و این عامل طبقه‌بندی آن‌ها را از نظر اکولوژیکی میسر می‌سازد. در جدول‌های ۳ تا ۵ ماتریس خطای هر یک از روش‌های طبقه‌بندی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Landsat ETM⁺ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بهترین نتایج حاصل از طبقه‌بندی مربوط به طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از روش حداکثر احتمال می‌باشد که مقدار صحت کلی ۹۰/۳۵ و ضریب کاپا ۰/۸۷۸ را نشان می‌دهد. در مقابل روش متوازی السطوح کم‌دقت‌ترین نتایج (صحت کلی = ۶۷/۰۹ و ضریب کاپا = ۰/۵۹۳) را ارائه داده است که این نتایج با نتایج دیویس و همکاران (۱۰)، دیلائت و همکاران (۱۱)، جیا و ریچاردز (۲۲)، کادمون و هاراری کرم (۲۴) و ریچاردز (۳۴) مطابقت دارد.

جدول ۳. ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با استفاده از روش

حداکثر احتمال به وسیله داده‌های ماهواره‌ای Landsat ETM⁺

| واقعیت زمینی (%) | | | | | طبقه‌بندی شده |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Me.sa | Ju.po-On.co | Ju.po-Ar.ko | Ju.po-Ag.in | Ac.pt-Ag.in | |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۲/۰۵ | ۹۱/۶۷ | Ac.pt-Ag.in |
| ۰/۸۳ | ۷/۵۰ | ۵/۴۱ | ۸۳/۵۶ | ۷/۶۴ | Ju.po-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۸/۷۵ | ۹۲/۷۹ | ۶/۱۶ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ar.ko |
| ۰/۰۰ | ۸۳/۷۵ | ۱/۸۰ | ۸/۲۲ | ۰/۶۹ | Ju.po-On.co |
| ۹۹/۱۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Me.sa |

صحت کلی: ۹۰/۳۵٪ ضریب کاپا: ۰/۸۷۸

جدول ۴. ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با استفاده از روش

حداقل فاصله به وسیله داده‌های ماهواره‌ای Landsat ETM⁺

| واقعیت زمینی (%) | | | | | طبقه‌بندی شده |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Me.sa | Ju.po-On.co | Ju.po-Ar.ko | Ju.po-Ag.in | Ac.pt-Ag.in | |
| ۵/۰۰ | ۵۱/۲۵ | ۰/۰۰ | ۱۶/۴۴ | ۹۰/۲۸ | Ac.pt-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۴۳/۷۵ | ۴۳/۲۴ | ۶۷/۸۱ | ۹/۷۲ | Ju.po-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۵/۰۰ | ۵۲/۲۵ | ۱۵/۷۵ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ar.ko |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۴/۵۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Ju.po-On.co |
| ۹۵/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Me.sa |

صحت کلی: ۷۴/۳۲٪ ضریب کاپا: ۰/۶۸۵

جدول ۵. ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با استفاده از

روش متوازی‌السطوح به وسیله داده‌های ماهواره‌ای Landsat ETM⁺

| واقعیت زمینی (%) | | | | | طبقه‌بندی شده |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Me.sa | Ju.po-On.co | Ju.po-Ar.ko | Ju.po-Ag.in | Ac.pt-Ag.in | |
| ۱/۶۷ | ۴۴/۳۰ | ۱۵/۳۲ | ۲۵/۳۴ | ۹۷/۲۲ | Ac.pt-Ag.in |
| ۱۹/۱۷ | ۵۳/۱۶ | ۸۴/۶۸ | ۷۴/۶۶ | ۲/۷۸ | Ju.po-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۲/۵۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ar.ko |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Ju.po-On.co |
| ۷۹/۱۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Me.sa |

صحت کلی: ۶۷/۰۹٪ ضریب کاپا: ۰/۵۹۳

است که دارای گونه غالب *J. polycarpus* می‌باشند. این امر به دلیل قرار گرفتن گونه درختی ارس در اشکوب بالایی این طبقات می‌باشد که عملاً قدرت سنجنده‌های ماهواره‌ای را در تشخیص آن‌ها با مشکل مواجه می‌سازد. به هر ترتیب از آنجا که تراکم درختان ارس در منطقه به اندازه‌ای نیست که سطح وسیعی از گونه‌های کوتاه‌تر را در زیر تاج پوشش خود پنهان سازد، داده‌های ماهواره‌ای تا اندازه قابل قبولی قادر به تفکیک جوامع گیاهی آن‌ها هستند و به طوری که ملاحظه می‌شود صحت طبقه‌بندی‌های به دست آمده نسبتاً مطلوب می‌باشد (صحت > ۸۳٪). در مورد سایر روش‌های بکار برده شده نتایج چندان خوبی بدست نیامده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود هرچند میزان صحت کلی و ضریب کاپا برای این روش‌ها تا حدودی بالا می‌باشد، اما جزئیات طبقه‌بندی‌ها نشان می‌دهد که طبقاتی مانند *Ju.po-On.co* به هیچ عنوان به درستی طبقه‌بندی نشده‌اند و در واقع تقریباً در بین طبقات دیگر از بین رفته‌اند.

این امر می‌تواند به علت ماهیت روش حداکثر احتمال و نیز تعداد کافی نمونه‌های تعلیمی در این مطالعه باشد. روش حداکثر احتمال هم واریانس و هم کواریانس الگوهای طبقات طبیعی را به‌طور کمی مورد بررسی قرار می‌دهد. بنابراین، از آنجا که این روش بر اساس پارامترهای آماری محکم‌تری استوار است (۲۹ و ۳۷) در بین روش‌های بکار برده شده در این مطالعه دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی محسوب می‌شود. این روش برخلاف دو روش دیگر به کم بودن تعداد نمونه‌های تعلیمی و نیز توزیع غیرنرمال آن‌ها حساس می‌باشد (۲۱ و ۴۲).

بر اساس نتایج حاصل از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای Landsat به روش حداکثر احتمال، بهترین طبقه‌بندی مربوط به کشت‌های خالص یونجه می‌باشد (صحت = ۹۹/۱۷٪) که با توجه به درجه بالای تراکم و خلوص پوشش گیاهی این طبقه قابل توجیه است. کمترین میزان صحت نیز مربوط به طبقاتی

و ضریب کاپا = ۰/۴۷۸) می‌باشند. اما به طوریکه ملاحظه می‌شود، نتایج تمامی روش‌های طبقه‌بندی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای Landsat دقیق‌تر از همان روش‌ها با استفاده از داده‌های IRS می‌باشد که این امر می‌تواند در نتیجه دخالت تعداد باندهای بیشتر (۶ باند) این ماهواره در انجام طبقه‌بندی باشد.

همچنین به طوری که در جداول ۶ تا ۸ مشاهده می‌شود نتایج حاصل از طبقه‌بندی حداکثر احتمال بر روی داده‌های ماهواره‌ای IRS نیز دقیق‌تر از سایر روش‌ها بوده (صحت کلی = ۸۲/۱۹ و ضریب کاپا = ۰/۷۷۲) و بعد از آن به ترتیب روش‌های حداقل فاصله (صحت کلی = ۶۲/۴۷ و ضریب کاپا = ۰/۵۵۰) و متوازی‌السطوح (صحت کلی = ۵۸/۷۶

جدول ۶. ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با استفاده از

حداکثر احتمال به وسیله داده‌های ماهواره‌ای IRS LISSIII

| واقعیت زمینی (%) | | | | | طبقه‌بندی شده |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Me.sa | Ju.po-On.co | Ju.po-Ar.ko | Ju.po-Ag.in | Ac.pt-Ag.in | |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۸/۶۸ | ۹۵/۶۰ | Ac.pt-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۱۰/۹۴ | ۱۰/۱۶ | ۶۴/۳۸ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۹/۳۸ | ۸۲/۸۱ | ۱۰/۰۵ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ar.ko |
| ۰/۰۰ | ۷۹/۶۹ | ۷/۰۳ | ۶/۸۵ | ۰/۰۰ | Ju.po-On.co |
| ۱۰۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۱۰/۰۵ | ۴/۴۰ | Me.sa |

صحت کلی: ۸۲/۱۹٪ ضریب کاپا: ۰/۷۷۲

جدول ۷. ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با استفاده از

حداقل فاصله به وسیله داده‌های ماهواره‌ای IRS LISSIII

| واقعیت زمینی (%) | | | | | طبقه‌بندی شده |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Me.sa | Ju.po-On.co | Ju.po-Ar.ko | Ju.po-Ag.in | Ac.pt-Ag.in | |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۳۱/۵۱ | ۸۳/۵۲ | Ac.pt-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۳۴/۳۸ | ۲۳/۴۴ | ۲۹/۶۸ | ۱۶/۴۸ | Ju.po-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۱۵/۶۳ | ۶۸/۷۵ | ۲۹/۲۲ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ar.ko |
| ۴۰/۶۵ | ۵۰/۰۰ | ۷/۸۱ | ۶/۳۹ | ۰/۰۰ | Ju.po-On.co |
| ۵۹/۳۵ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۳/۲۰ | ۰/۰۰ | Me.sa |

صحت کلی: ۶۲/۴۷٪ ضریب کاپا: ۰/۵۵۰

جدول ۸. ماتریس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا برای نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی با استفاده از

روش متوازی‌السطوح به وسیله داده‌های ماهواره‌ای IRS LISSIII

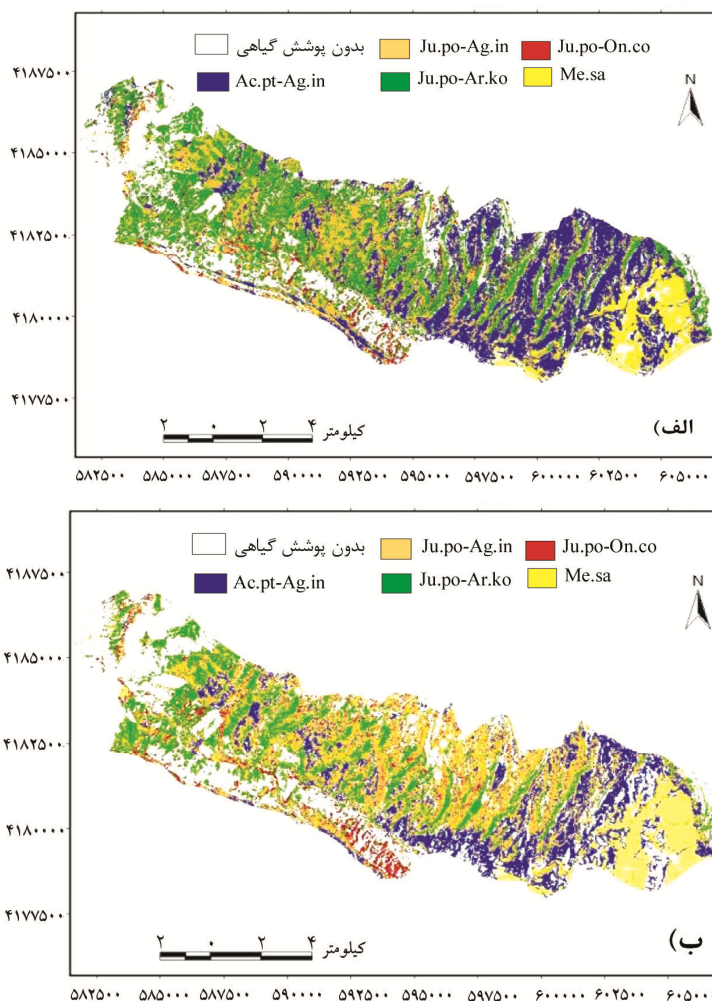
| واقعیت زمینی (%) | | | | | طبقه‌بندی شده |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Me.sa | Ju.po-On.co | Ju.po-Ar.ko | Ju.po-Ag.in | Ac.pt-Ag.in | |
| ۰/۰۰ | ۶/۲۵ | ۶/۲۵ | ۳۵/۶۲ | ۹۷/۸۰ | Ac.pt-Ag.in |
| ۴۱/۲۹ | ۹۰/۶۳ | ۹۳/۷۵ | ۶۴/۳۸ | ۲/۲۰ | Ju.po-Ag.in |
| ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Ju.po-Ar.ko |
| ۰/۰۰ | ۳/۱۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Ju.po-On.co |
| ۵۸/۷۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | Me.sa |

صحت کلی: ۵۸/۷۶٪ ضریب کاپا: ۰/۴۷۸

نتیجه گیری

تفکیک پذیری طیفی آن‌ها از یکدیگر بسیار مهم و اساسی می‌باشد. همچنین نوع روش بکار گرفته شده در طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی نیز برای مطالعه از اهمیت بالایی برخوردار است؛ به طوری که با توجه به نوع داده‌های در دسترس، میزان و نوع نمونه‌برداری‌های صحرائی و نیز ویژگی‌های یک اکوسیستم گیاهی، باید روش خاصی را مورد استفاده قرار داد. نتایج این مطالعه نشان دادند که استفاده از روش حداکثر احتمال با توجه به پایه آماری مستحکمی که دارد بهترین نتایج را برای طبقه‌بندی نظارت‌شده داده‌های ماهواره‌ای ارائه می‌دهد. این روش هر چند که به در اختیار داشتن تعداد نمونه‌های تعلیمی نسبتاً زیاد نیاز دارد و این امر تا حدودی استفاده از آن را با دشواری‌هایی روبه‌رو می‌سازد، ولی همین امر به افزایش میزان دقت این روش انجامیده است (شکل ۴).

نتایج این مطالعه بیانگر آن بودند که کارایی داده‌های ماهواره‌ای در تشخیص گروه‌های گیاهی به چند عامل اساسی وابسته است. به جز میزان قدرت تفکیک‌پذیری طیفی و مکانی داده‌ها، که از ویژگی‌های مربوط به سنجنده‌های ماهواره‌ای هستند، درجه خلوص و تراکم گروه‌های گیاهی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده میزان تشخیص پوشش‌های گیاهی توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای می‌باشند. با در اختیار داشتن داده‌هایی با قدرت تفکیک طیفی و مکانی بالا همچون داده‌های ماهواره‌ای Landsat و IRS می‌توان به خوبی و با سهولت، دقت و سرعت بیشتر به مطالعه ویژگی‌های یک اکوسیستم گیاهی پرداخت. البته این امر در صورتی امکان‌پذیر است که عوامل مورد مطالعه در آن اکوسیستم نیز خود قابل مطالعه باشند. از این نظر جهت طبقه‌بندی گروه‌های گیاهی در یک منطقه، میزان درجه خلوص و تراکم و نیز میزان



شکل ۴. نقشه‌های تهیه شده از گروه‌های گیاهی موجود در منطقه با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر ماهواره‌ای

Landsat (الف) و IRS (ب).

منابع مورد استفاده

13. Desclée, B., P. Bogaert and P. Defourny. 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*. 102: 1-11.
 14. Dogan, O. K., Z. Akyurek and M. Beklioglu. 2008. Identification and mapping of submerged plants in a shallow lake using quickbird satellite data. *Journal of Environmental Management*. 90: 2138-2143.
 15. Filippi, A. M. and J. R. Jensen. 2006. Fuzzy learning vector quantization for hyperspectral coastal vegetation classification. *Remote Sensing of Environment*. 100: 512-530.
 16. Frank, T. D. and S. A. Tweddale. 2006. The effect of spatial resolution on measurement of vegetation cover in three Mojave Desert shrub communities. *Journal of Arid Environments*. 67: 88-99.
 17. Gould, W. (2000). Remote sensing of vegetation, plant species richness, and regional biodiversity hotspots. *Ecological Applications*. 10: 1861-1870.
 18. Hardisky, M. A., F. C. Daiber, C. T. Roman and V. Klemas. 1984. Remote sensing of biomass and annual net aerial primary productivity of a salt marsh. *Remote Sensing of Environment*. 16: 91-106.
 19. Hilker, T., N. C. Coops, M. A. Wulder, T. A. Black and R. D. Guy. 2007. The use of remote sensing in light use efficiency based models of gross primary production: A review of current status and future requirements. *Science of the Total Environment*. 404: 411-23.
 20. Hoersch, B., G. Braun and U. Schmidt. 2002. Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment & Urban Systems*. 26: 113-139.
 21. Japan Association of Remote Sensing (1996). Maximum likelihood classifier (11.7). Japan Journal of Remote Sensing online tutorial available at <http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutoriales/rsnote/contents>.
 22. Jia, X. and J. A. Richards. 1994. Efficient maximum likelihood classification for imaging spectrometer data sets. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 32: 274-281.
 23. Johansen, K., S. Phinn, I. Dixon, D. Douglas and L. Lowry. 2007. Comparison of image and rapid field assessments of riparian zone condition in Australian tropical savannas. *Forest Ecology & Management*. 240: 42-60.
 24. Kadmon, R. and R. Harari-Kremer, 1999. Studying long-term vegetation dynamics using digital processing of historical aerial photographs. *Remote Sensing of Environment*. 68: 164-176.
 25. Kent, M. and P. Coker. 1992. *Vegetation Description and Analysis*. John Wiley and Sons, England. pp. 384.
 26. Kokaly, R. F., D. G. Despain, R. N. Clark and K. E. Livo. 2003. Mapping vegetation in Yellowstone National Park using spectral feature analysis of
1. احمدپور، ا. م. شکر، ک. سلیمانی و ج. قربانی. ۱۳۸۹. بررسی جوامع گیاهی با استفاده از روش‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده گلول و سرانی). مجله مرتع. ۴(۳): ۳۵۹-۳۴۸.
 ۲. زبیری، م. و ع. ر. مجد. ۱۳۷۹. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.
 ۳. شکر، م. ف. یگانه‌راد، ن. صفائیان، س. ح. آقامیری و ا. جورابچیان. ۱۳۷۳. مطالعه اکولوژیکی منطقه حفاظت شده سرانی. سازمان محیط زیست ایران.
 ۴. عطری، م. ۱۳۷۵. جامعه‌شناسی گیاهی (فیتوسوسیولوژی). انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
 5. Ahmadpour, A., M. Shokri, K. Solaimani and J. Ghorbani. 2011. Evaluation of Satellite Data Efficiency in Identification of Plant Groups. *Acta Ecologica Sinica*. pp. 8. (In press).
 6. Aspinall, R. J., W. A. Marcus and J. W. Boardman. 2002. Considerations in collecting, processing and analyzing high spatial resolution hyperspectral data for environmental investigations. *J. Geograph. Syst.* 4: 15-29.
 7. Boschetti, M., S. Bocchi and P. A. Brivio. 2007. Assessment of pasture production in the Italian Alps using spectrometric and remote sensing information. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 118: 267-272.
 8. Carlson, K. M., G. P. Asner, R. F. Hughes, R. Ostertag and R. E. Martin. 2007. Hyperspectral Remote Sensing of Canopy Biodiversity in Hawaiian Lowland Rainforests. *Ecosystems*. 10: 536-549.
 9. Chuanyan, Z., N. Zhongren, C. Guodong, Z. Junhua and F. Zhaodong. 2006. GIS-assisted modelling of the spatial distribution of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) in the Qilian Mountains, northwestern China based on biophysical parameters. *Ecological Modelling*. 191: 487-500.
 10. Davis, P. A., M. I. Staid, J. B. Plescia and J. R. Johnson. 2002. Evaluation of airborne image data for mapping riparian vegetation within the Grand Canyon. Report 02-470. U.S. Geological Survey, Flagstaff, USA.
 11. De laet, V., E. Paulissen and M. Waelkens. 2007. Methods for the extraction of archaeological features from very high-resolution Ikonos-2 remote sensing imagery, Hisar (Southwest Turkey). *Journal of Archaeological Science*. 34: 830-841
 12. Depew, J. J. 2004. Habitat Selection And Movement Patterns of Cattle and White-Tailed Deer in a Temperate Savanna. Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. p. 71.

39. Tapia, R., A. Stein and W. Bijker. 2005. Optimization of sampling schemes for vegetation mapping using fuzzy classification. *Remote Sensing of Environment*. 99: 425-433.
40. Thomas, V., P. Treitz, D. Jelinski, M. Miller, P. Lafleur and J. H. McCaughey. 2002. Image classification of a northern peatland complex using spectral and plant community data. *Remote Sensing of Environment*. 84: 83-99.
41. Treitz, P. M. and P. J. Howarth. 2000. Integrating spectral, spatial, and terrain variables for forest ecosystem classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 66: 305-317.
42. Triepke, F. J., C. K. Brewer, D. M. Leavell and S. J. Novak. 2008. Mapping forest alliances and associations using fuzzy systems and nearest neighbor classifiers. *Remote Sensing of Environment*. 112: 1037-1050.
43. Vaiphasa, C., A. K. Skidmore and W. F. de Boer. 2006. A post-classifier for mangrove mapping using ecological data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 61: 1-10.
44. Vaiphasa, C., A. K. Skidmore, W. F. de Boer and T. Vaiphasa. 2007. A hyperspectral band selector for plant species discrimination. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 62: 225-235.
45. Walker, W. S., J. M. Kelndorfer, E. LaPoint, M. Hoppus and J. Westfall. 2007. An empirical InSAR-optical fusion approach to mapping vegetation canopy height. *Remote Sensing of Environment*. 109: 482-499.
46. Walter, V. 2004. Object-based classification of remote sensing data for change detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*. 58: 225-238.
47. Wardlow, B. D., S. L. Egbert and J. H. Kastens. 2007. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*. 108: 290-310.
48. Westhoff, V. and E. van der Maarel. 1978. The Braun Blanquet approach. In: Whittaker, R.H. (Ed.), *Classification of Plant Communities*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague. p. 287-399.
49. Xie, H., Y. Q. Tian, J. A. Granillo and G. R. Keller. 2007. Suitable remote sensing method and data for mapping and measuring active crop fields. *International Journal of Remote Sensing*. 28: 395-411.
50. Yu, Q., P. Gong, N. Clinton, G. Biging, M. Kelly and D. Schirokauer. 2006. Object-based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 72: 799-811.
- AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment*. 84: 437-456.
27. Kruse, A. and J. Raines. 1994. A technique for enhancing digital color images by contrast stretching in Munsell color space, In *Proceedings of the ERIM Third Thematic Conference*, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, p.755-760.
28. Laba, M., R. Downs, S. Smith, S. Welsh, C. Neider, S. White, M. Richmond, W. Philpot and P. Baveye. 2008. Mapping invasive wetland plants in the Hudson River National Estuarine Research Reserve using quickbird satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*. 112: 286-300.
29. Lillesand, T. M., R. W. Kiefer and J. W. Chipman. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, fifth ed., J. Wiley & Sons, Inc., New York.
30. Lu, D., E. Moran, and M. Batistella. 2003. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. *Remote Sensing of Environment*. 87: 456-469.
31. Magee, T. K., P. L. Ringold, and M. A. Bollman. 2008. Alien species importance in native vegetation along wadeable streams, John Day River basin, Oregon, USA. *Plant Ecol*. 195: 287-307.
32. McGlynn, I. O. and G. S. Okin. 2006. Characterization of shrub distribution using high spatial resolution remote sensing: Ecosystem implications for a former Chihuahuan Desert grassland. *Remote Sensing of Environment*. 101: 554-566.
33. Muller-Dombois, D. and H. Ellenberge. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York. pp. 574.
34. Richards, J. A. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 240.
35. Rocchini, D. 2007. Effects of spatial and spectral resolution in estimating ecosystem α -diversity by satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*. 111: 423-434.
36. Schmidt, K. S. 2003. *Hyperspectral remote sensing of vegetation species distribution in a saltmarsh*. ITC Dissertation Number 96, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, the Netherlands, p. 47.
37. Shalaby, A. and R. Tateishi. 2007. Remote sensing and GIS for Mapping and Monitoring Land cover and Land Use Changes in the Northwestern Coastal of Egypt. *Applied Geography*. 27: 28-41.
38. Sparrow, A. D., M. H. Friedel and D. M. Stafford-Smith. 1997. A landscape-scale model of shrub and herbage dynamics in Central Australia, validated by satellite data. *Ecological Modeling*. 97: 197-216.



Comparison of three common methods in supervised classification of satellite data for vegetation studies

A. Ahmadpour^{1*}, K. Solaimani², M. Shokri³, J. Ghorbani⁴

1. MSc. Student, College of Natural Resources, Mazandaran University

2. Assoc. Prof. College of Natural Resources, Mazandaran University

3. Prof. College of Natural Resources, Mazandaran University

4. Assis. Prof. College of Natural Resources, Mazandaran University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 October 2013

Accepted 1 May 2014

Available online 15 September 2014

Keywords:

Kappa coefficient

Image classification

Supervised classification

Remote sensing

ETM⁺ image

IRS image

ABSTRACT

Usage of modern technologies such as GIS and RS in plant ecosystems studies and especially land cover mapping is needed to recognition of these instruments efficiency and also identification of the best methods for applying them. This study aimed to compare the efficiency of three common supervised classification methods of satellite data (Minimum to Distance, Parallelepiped and Maximum Likelihood) to identification of plant groups in Goloul-via-Sarani protected area, Northern Khorasan Province, Iran. In order to this, 143 training samples (>30m²) were collected from areas that shown a homogenous plant species composition. These data recorded by GPS device and so transported to a GIS database. Satellite data included Landsat ETM⁺, and IRS-P6 LISS III that were prepared and analyzed by ENVI 4.2 software. Amount of efficiency for each method was evaluated by measurement of overall accuracy (OA) and Kappa coefficient (KC) criteria. Results showed that ML method makes the highest accuracy for two data series (OA=90.35, 82.19 and KC=0.878, 0.772 for Landsat and IRS data respectively). In the face, PP method showed the worst results (OA=67.09, 58.76 and KC=0.593, 0.478). These results suggested that collection of sufficient training samples from natural classes and surveying probability of image pixel's dependency on these classes can be useful for classification of plant groups.

* Corresponding author e-mail address: amirahmadpour@gmail.com

