

بررسی قابلیت‌های تصاویر رقومی هوایی دوربین UltraCam-D در تشخیص گونه‌های کنار و گون مناطق نیمه‌خشک (مطالعه موردی پشتکوه استان بوشهر)

- ۱- محمدجواد رشیدی، دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و پژوهشگر بخش جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران. m.rashidi@areo.ir
- ۲- اصغر فلاح، استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
- ۳- شعبان شتایی جویباری، استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۳۱

پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۰

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی قابلیت‌های تصاویر رقومی UltraCam-D در شناسایی و تفکیک گونه‌های درختچه‌ای کنار و بوته‌ای پایای گون و تهیه نقشه پراکنش آنها، در بخشی از مناطق نیمه‌خشک استان بوشهر انجام شد. روش‌های مختلف بارزسازی شامل آنالیز بافت، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و نسبت‌گیری بر روی باندها اعمال شد. میان این باندها پنج گروه باندی شامل باندهای اصلی، مجموعه باندی حاصل از آنالیز بافت تصویر، باندهای اصلی به همراه شاخص‌ها و باند اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و مجموعه بهترین باندهای حاصل از حد شاخص مطلوبیت انتخاب شد. نمونه‌های تعلیمی به روش میدانی تهیه شد و سپس ۷۰ درصد نمونه‌ها با الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی کننده پیکسل پایه شامل فاصله ماهالانوبیس، حداکثر احتمال، شبکه عصبی، ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی برای طبقه‌بندی گروه‌های باندی استفاده شد. ارزیابی صحت نتایج با استفاده از ۳۰ درصد از نمونه‌های واقعیت زمینی انجام شد. بر اساس نتایج، بالاترین صحت کلی (۸۵/۶۹ درصد) و ضریب کاپا (۰/۷۲) در تفکیک سه کلاس گونه درختچه‌ای کنار، بوته‌ای پایای گون و خاک با سایر پوشش گیاهی مختلط، مربوط به طبقه‌بندی با الگوریتم فاصله ماهالانوبیس اعمال شده بر مجموعه باندهای اصلی، اولین باند حاصل از تجزیه مؤلفه اصلی (PC1)، شاخص گیاهی (NDVI) و شاخص پوشش گیاهی تعدیل کننده اثر خاک (SAVI) بود. به‌طورکلی بررسی نتایج حاصل از طبقه‌بندی با روش پیکسل پایه نشان‌دهنده کارایی قابل قبول داده‌های رقومی UltraCam-D در شناسایی و تفکیک گونه‌های مناطق بیابانی به ویژه گونه‌های درختچه‌ای کنار از گون و سایر گونه‌های بوته‌ای است.

واژگان کلیدی: الگوریتم‌های پارامتری و ناپارامتری؛ سنجش از دور؛ جنگل‌های نیمه‌خشک؛ شاخص‌های پوشش گیاهی.

مقدمه

باند طیفی با توان تفکیک رادیومتری و مکانی زیاد نسبت به سایر داده‌ها، برتری داشته و به‌عنوان یک منبع غنی از اطلاعات در علوم جنگل قابل توجه است. بنابراین، بهره‌گیری از آن در نواحی جنگلی جنوب کشور امری اجتناب‌ناپذیر است.

در گذشته با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای مانند داده‌های لندست، اسپات، استر و غیره به دلایلی از جمله قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری پایین آن‌ها امکان تهیه نقشه گونه‌های گیاهی وجود نداشته و در حد تفکیک تیپ امکان‌پذیر بوده است. از طرف دیگر تولید انواع نقشه‌ها با این داده‌ها دارای دقت پایین‌تری نسبت به کار زمینی بوده

تهیه نقشه وضعیت پراکنش گونه‌های درختی، درختچه‌ای و بوته‌های پایا از مهم‌ترین اطلاعات در مدیریت و پایش مستمر گونه‌های گیاهی نواحی خلیج و عمانی محسوب می‌شود در حال حاضر انجام این امر، با بهره‌گیری از منابع سنجش از دوری ماهواره‌ای و هوایی به‌عنوان یک راهکار جایگزین روش معمول و زمینی مطرح می‌شود. در همین راستا داده‌های سنجنده‌های رقومی مانند UltraCam-D (UC-D) در تهیه نقشه‌های موضوعی بزرگ مقیاس مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. بهره‌گیری از این نوع از داده به دلیل داشتن چهار

داده‌های UC-D است. در رابطه با استخراج اطلاعات کمی و کیفی و خصوصیات آماری جنگل نظیر سطح، حجم، تعداد، درصد، تاج پوشش جنگل و مرتع در خارج [۱۲ و ۳] و در داخل کشور با استفاده از داده‌های دوربین UC-D انجام شده است، اما در تشخیص نوع گونه با داده‌های UC-D تحقیقات معدودی انجام شده است.

در مطالعه‌ای، امکان تشخیص گونه‌های درختی را با استفاده از داده‌های UC-D به روش پیکسل پایه در جنگل همسال آمیخته تک اشکوبه چمستان نور مازندران بررسی شد [۱۴]. بر مبنای پیکسل پایه با الگوریتم حداکثر تشابه، پنج طبقه سرو نقره‌ای، سایه کامل، خشکه دار، کاج تدا و بلندمازو به ترتیب دارای ضریب کاپای ۰/۴۴، ۰/۴۰، ۰/۴۵ و ۰/۵۳ و صحت کلی و ضریب کاپای کلی به ترتیب ۶۶/۹۱ درصد و ۰/۴۹ بود.

با استفاده از مشخصه‌های بافت تصویر WorldView-3 شامل همگنی، کنتراست، آنتروپی و همبستگی با اجرای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان، نقشه ترکیب گونه‌ای مانگروها را در هنگ‌کنگ در هشت طبقه با چهار گونه تهیه شد [۲۵]. صحت کلی نقشه حاصل بین ۸۳/۷۸ تا ۹۴/۴۰ درصد به دست آمد. تفاوت در ترتیب قرارگیری برگ‌ها، تراکم شاخه‌ها و میانگین ارتفاع و اندازه گونه‌ها، به تفکیک گونه‌ها کمک کرده است. همچنین به‌کارگیری مشخصه‌های حاصل از آنالیز بافت و داده‌های مختلف طیفی، سبب بهبود نتایج و صحت نقشه شد. از داده‌های هوایی UC-D برای تشخیص گونه‌های درختی کاج تهران، سرو نقره‌ای، چنار، توت، افاقیا، ارغوان، سدر و عرعر پارک جنگلی طالقانی واقع در منطقه سه شهرداری تهران استفاده شد [۱۸]. در این بررسی ضریب کاپا، ۰/۷۳ و صحت کلی، ۷۸/۵۷ درصد به دست آمد [۶]. برای تفکیک سه کلاس تاج درختان بلوط، سایه درختان و زمین بر روی تصاویر UC-D طبقه‌بندی بر پایه پیکسل پایه با الگوریتم‌های حداکثر احتمال، شبکه عصبی و ماشین بردار پشتیبان انجام و با منحنی ROC صحت و دقت آن‌ها ارزیابی شد نتایج نشان داد که الگوریتم حداکثر احتمال با صحت کلی (۹۹/۴۲۳ درصد) و ضریب کاپا (۰/۹۹) نسبت به دو الگوریتم دیگر برتری دارد. در تحقیقی دیگر، از داده‌های هوایی UC-D در

با پیدایش انواع دوربین‌های رقومی از جمله UC-D به لحاظ بالا بودن قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری آن‌ها، دقت نقشه‌های خروجی حاصل از طبقه‌بندی بهبود چشمگیری یافته و امکان تشخیص گونه با دقت بالاتر و قابل قبول را فراهم نموده است. افزون بر این، تولید داده بدون محدودیت زمانی امکان پذیر شده است. به لحاظ هزینه پایین تولید داده‌ها، تهیه نقشه در مقیاس وسیع و نیز مکان‌های غیرقابل دسترس با دقت قابل قبول و هزینه پایین امکان پذیر شده است. هرچند تهیه نقشه گونه‌ها در مساحت کوچک، قابل دسترس و به روش زمینی دارای اطمینان بیشتر و هزینه کمتری است؛ اما در کارهای اجرایی و در مقیاس بزرگ و نقاط غیرقابل دسترس و نیز تکرار پایش تغییرات، توجیه اقتصادی ندارد. شناسایی و کاربرد روش‌های تجزیه و تحلیل متناسب با نوع داده‌های سنجش از دور به کار رفته، امکان پاسخگویی صحیح و دقیق به پرسش‌های مدیریت پایدار پوشش گیاهی را با هزینه‌های قابل توجیه فراهم می‌آورد [۶].

هدف از تحقیق پیش رو بررسی قابلیت‌های داده‌های UC-D در تشخیص و تفکیک گونه‌های درختچه‌ای کنار و بوته‌ای‌های پایا گون از سایر گونه‌ها و عوارض در منطقه نیمه خشک بوشهر به روش پیکسل پایه و با الگوریتم‌های پارامتری و ناپارامتری بود. فرض بر این است که داده‌های رقومی UC-D به دلیل داشتن قدرت تفکیک مکانی بالا، توانایی تفکیک گونه‌های کنار و گون را از سایر پدیده‌ها با این روش طبقه‌بندی و الگوریتم‌ها دارند. از اهداف دیگر این پژوهش مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی الگوریتم‌های مختلف برای انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم طبقه‌بندی در تفکیک و شناسایی گونه‌ها بوده است. در تحقیقات پیشین با طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای به روش پیکسل پایه و با الگوریتم‌های پارامتری و ناپارامتری امکان تفکیک گونه‌های درختی و درختچه‌ای از سایر گونه‌ها وجود نداشته و پوشش گیاهی در سطح تیپ تفکیک [۱۱ و ۱۰] و عموماً تفکیک پدیده‌ها در سطح کاربری اراضی بوده و از داده‌های ماهواره‌ای اغلب نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده است [۱۹ و ۱]. یکی از دلایل مهم عدم تفکیک گونه‌های گیاهی، پایین بودن قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با

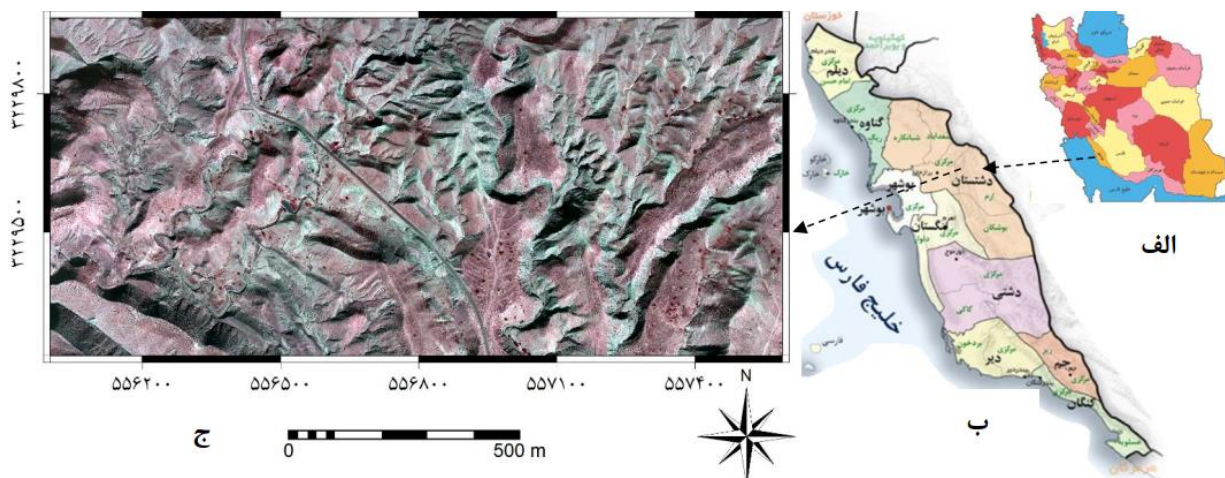
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۱۲۰ هکتار بخشی از جنگل‌های نیمه‌خشک استان بوشهر بوده که در بخش کوهستان بزیر روستای تنگ ارم با ارتفاع متوسط ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و بین $33^{\circ}33'6''$ تا $33^{\circ}32'7''$ و 51° طول شرقی و $29^{\circ}11'25''$ تا $29^{\circ}11'49'20''$ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). با میانگین دمای منطقه کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و بارش آن بین ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌متر است. رژیم بارندگی آن مدیترانه‌ای یعنی تابستان خشک و زمستان و پائیز مرطوب و اقلیم آن بر اساس طبقه‌بندی آمبرژه بیابانی گرم خفیف و بر اساس روش دومارتن در اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد [۱۵]. از نظر پوشش گیاهی گونه‌های درختچه‌ای کنار^۱، بوته‌های پایا نظیر گون^۲ و سایر گونه‌های بوته‌ای از انواع گل‌گندم^۳، شکر تیغال^۴ و انواع پیچک‌ها^۵ گسترش دارد. از میان، آن‌ها گونه کنار در استان بوشهر به عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی و درختچه‌ای ناحیه خلیج و عمانی و محدوده مورد مطالعه قابل است. با توجه به دامنه اکولوژیکی وسیع این گونه از نواحی ساحلی تا نقاط کوهستانی رویش دارد. محدوده مورد مطالعه بخش کوچکی از رویشگاه طبیعی آن در استان بوشهر است [۱۵].

شناسایی گونه‌های درختی جنگل‌های آمیخته شصت کلاته بهره‌گیری شد. در این بررسی پنج گونه درختی شامل راش، انجیلی، توسکا، ممرز و افرا با استفاده از الگوریتم حداکثر شباهت و ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی شد. صحت کلی و ضریب‌کاپا به ترتیب برای الگوریتم حداکثر شباهت ۶۳/۶۳ درصد و ۰/۵۱ و برای ماشین بردار پشتیبان ۳۷/۴۲ درصد و ۰/۲ به دست آمد [۸].

به‌طور کلی با نظری اجمالی به مطالعات انجام‌شده، می‌توان دریافت که بیشتر تحقیقات با داده‌های ماهواره‌ای و الگوریتم‌های مختلف تاکنون در سطح شناسایی تیپ‌های گیاهی و تهیه نقشه کاربری اراضی بوده است. با داده‌های فضایی رقومی نظیر UC-D نیز بیشتر تحقیقات به بررسی‌های کمی و کیفی جنگل پرداخته و مطالعات اندکی در مورد شناسایی گونه‌ها صورت گرفته است. از طرفی این اندک مطالعات در مناطقی انجام شده که قابل تعمیم به نواحی مختلف رویشی کشور از جمله منطقه مورد مطالعه در این تحقیق نیست. این تحقیق از دو جنبه دارای اهمیت است. نخست اینکه برای اولین بار با داده‌های رقومی در جنوب کشور و ناحیه مورد مطالعه تفکیک و شناسایی گونه‌ها انجام می‌شود و دوم اینکه بر پایه پیکسل پایه از داده‌های کمی از جمله داده‌های آنالیز بافت در شناسایی و تفکیک گونه‌های کنار و گون با الگوریتم‌های مختلف بهره‌گیری شده است.



- 1- *Zizyphus spina chrisiti*
- 2- *Astragalus* sp.
- 3- *Centurea* spp.
- 4- *Echinops* sp
- 5- *Convolvulus* spp

داده‌ها

پوشش گیاهی به صورت یک کلاس در داخل هر پلات برداشت شد. سپس داده‌های هر سه کلاس کنار، گون و خاک به همراه سایر پوشش گیاهی در نرم‌افزار وارد و نقشه نقطه‌ای آن تهیه و به عنوان مختصات متریک نمونه‌های تعلیمی استفاده شد. از کل نمونه‌های برداشت‌شده به تعداد ۲۲ پایه گونه کنار و ۱۰۰ پایه گون، ۷۰ درصد آن در طبقه‌بندی و ۳۰ درصد در ارزیابی صحت نتایج حاصل از طبقه‌بندی استفاده شد.

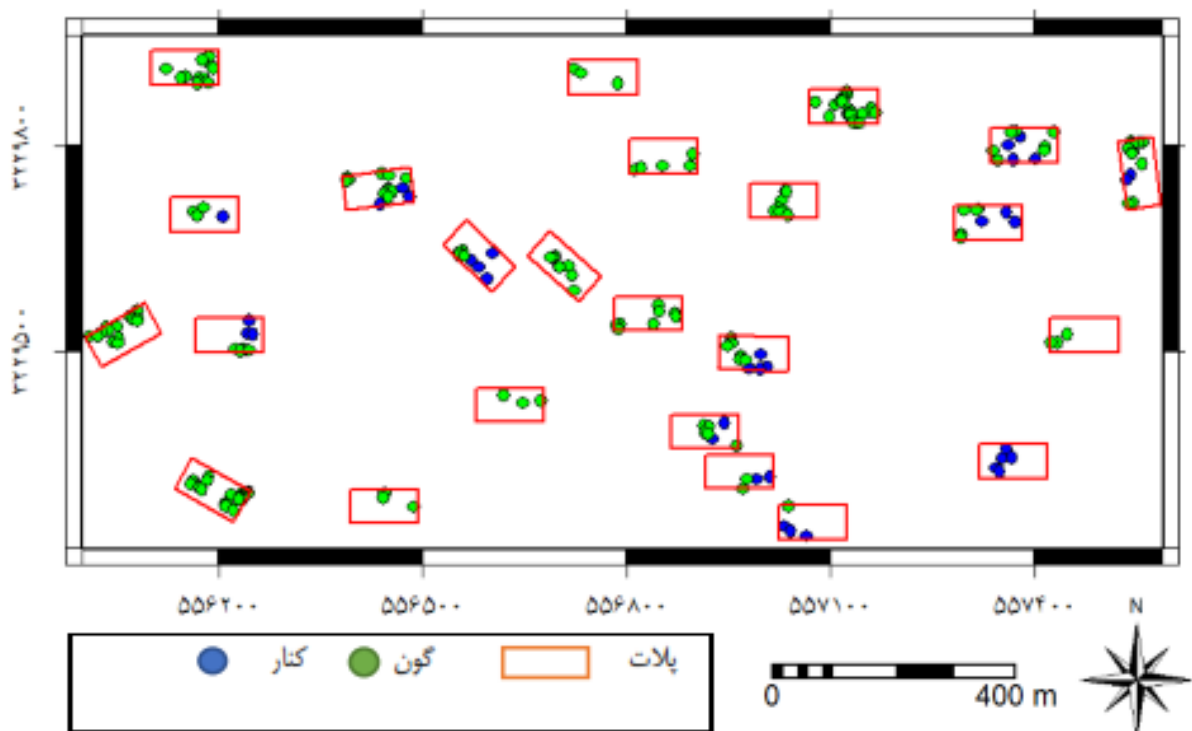
پیش‌پردازش و پردازش داده‌ها

ابتدا صحت هندسی تصاویر هوایی UC-D با استفاده از روش نقاط کنترل زمینی برگرفته از نقشه‌های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تأیید اولیه شد. سپس با نقاط کنترل زمینی برداشتی با DGPS مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعدی این تصاویر، موزائیک و محدوده مورد نظر روی آن مشخص و برش داده شد.

در این پژوهش از داده‌های UC-D با چهار باند آبی، سبز، قرمز و مادون‌قرمز تهیه شده به سفارش سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در تاریخ ۱۹ دی‌ماه ۱۳۸۷ از منطقه مورد نظر استفاده شده است. سپس عملیات پیش‌پردازش از جمله تصحیح هندسی بر روی آن اعمال و دامنه رادیومتری و اندازه پیکسل‌ها به ترتیب به ۸ بیت و ۱۲ سانتیمتر تبدیل شد.

تهیه نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای

نمونه‌های واقعیت زمینی به روش انتخابی و با توزیع در سطح کل عرصه در ده درصد آن [۱۹] برابر ۱۲ هکتار در قالب پلات نیم هکتاری با ابعاد ۱۰۰×۵۰ مترمربع با استفاده از سیستم تعیین موقعیت جهانی تفاضلی^۱ برداشت شد (شکل ۲). در هر پلات تمامی پایه‌های کنار یعنی تنها گونه درختچه‌ای و نیز به‌طور انتخابی گونه‌های گون با قطر تاج بزرگتر از ۳۰ سانتیمتر قابل ارزیابی در تصویر و طبیعت انتخاب شد. نمونه‌های خاک با سایر



شکل ۲- نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای گونه‌های درختچه‌ای کنار و بوته‌ای پایا گون

نمونه‌های تعلیمی دخالت داده شد. با استفاده از روش جفریز ماتوسیتا^{۱۳} و دایورژنس^{۱۴}، تداخل طیفی و تفکیک‌پذیری کلاس‌ها بررسی شد. با اصلاح و انتخاب مجدد مجموعه پیکسل‌های نمونه‌ها و مشاهده خصوصیات آماری و میزان تداخل طیفی کلاس‌ها در فضای ویژگی^{۱۵} دو به دو باندها، مناسب‌ترین نمونه‌های هر کلاس مدیریت و انتخاب شد [۲۴].

ارزیابی کیفی ترکیبات باندی و انتخاب گروه‌های باندی مناسب برای طبقه‌بندی

قبل از انجام طبقه‌بندی، گروه‌های باندی ۱۳ گانه چهارتایی حاصل از آنالیز بافت به صورت چشمی ارزیابی کیفی شد. بسیاری از گروه‌های باندی حاصل از آنالیز بافت به دلیل تداخل شدید طیفی کلاس‌ها، برای طبقه‌بندی انتخاب نشد. از میان آن‌ها باندهای حاصل از شاخص آماری میانگین به دست آمده از ماتریس رخداد و هم رخداد انتخاب شد. همچنین حد شاخص مطلوبیت^{۱۶} برای میان باندهای اصلی، شاخص‌ها و میانگین‌های حاصل از ماتریس‌های رخداد و هم رخداد محاسبه شد. به طور کلی پنج گروه باندی شامل گروه چهارباند اصلی، گروه چهار باندی میانگین حاصل از ماتریس رخداد بر روی چهار باند اصلی UC-D، گروه چهار باندی میانگین حاصل از ماتریس هم رخداد بر روی چهار باند اصلی UC-D، گروه چهار باند اصلی UC-D به همراه باند اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PC1) و شاخص‌های NDVI و SAVI، و گروه سه باندی حاصل از OIF شامل باند ۳ اصلی، شاخص SAVI و میانگین حاصل از ماتریس هم رخداد باند ۳، با بیشترین OIF انتخاب شد.

الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده

الف) الگوریتم فاصله ماهالانوبیس^{۱۷}

- 13- Jeffries-Matusita
- 14- Transformed Divergence
- 15- Feature Space
- 16- Optimum Index Factor (OIF)
- 17- Mahalanobis Distance (MD)

عملیات مختلف بارزسازی از جمله ایجاد شاخص‌های گیاهی $(b4-b3/b4+b3)$ NDVI و شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک $SAVI = ((1.5 * (b4-b3)) / (b4+b3+0.5))$ و تجزیه مؤلفه‌های اصلی^۱ و آنالیز بافت^۲ بر روی باندهای اصلی اعمال شد. باندهای حاصل به همراه باندهای اصلی در طبقه‌بندی به کار برده شد. توصیف‌گرهای بافت مورد استفاده در این پژوهش بر مبنای ماتریس وقوع درجات خاکستری^۳ شامل محدوده داده^۴، میانگین، واریانس، آنتروپی^۵ و چولگی^۶، و ماتریس هم وقوع درجات خاکستری^۷ شامل میانگین، واریانس، همگنی^۸، کنتراست^۹، عدم شباهت^{۱۰}، آنتروپی، گشتاور مرتبه دوم^{۱۱} و همبستگی^{۱۲} با اندازه پنجره 3×3 انجام شد.

برای هر شاخص بافتی تولید شده، یک گروه باندی چهارتایی در مجموع، ۱۳ گروه باندی چهارتایی تولید شد [۲۵ و ۲]. علت انتخاب این اندازه پنجره به دلیل مزیت استخراج مقادیر مربوط به پیکسل‌ها در محدوده‌ی کوچک [۲۶] است.

انتخاب نمونه‌های تعلیمی

با روی هم اندازی مختصات مکانی نمونه‌های برداشت شده بر روی تصویر انتخابی، مجموعه پیکسل‌های مربوط به هر نمونه و کلاس برای کلاس خاک با سایر پوشش گیاهی، از سطح عرصه و برای نمونه‌های دو کلاس کنار و گون از تاج پوشش گونه‌ها به صورت مجموعه پیکسل انتخاب شد.

برای انتخاب صحیح‌تر مجموعه پیکسل‌های یک نمونه تاج پوشش گونه، شاخص NDVI نیز در برداشت

- 1- Principal Components Analysis (PCA)
- 2- Texture Analysis
- 3- Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)
- 4- Data Range
- 5- Entropy
- 6- Skewness
- 7- Gray Level Occurrence Matrix (GLOM)
- 8- Homogeneity
- 9- Contrast
- 10- Dissimilarity
- 11- Second Moment
- 12- Correlation

تشکیل می‌دهند به دست می‌آید و با استفاده از آن‌ها یک مرز تصمیم‌گیری خطی بهینه برای جدا کردن کلاس‌ها محاسبه می‌شود. این نمونه‌ها بردارهای پشتیبان نامیده می‌شود.

یکی از مزایای الگوریتم ماشین بردار پشتیبان این است که با نمونه‌های تعلیمی کوچک نیز می‌تواند دقت تصویر طبقه‌بندی شده خوبی ارائه دهد [۹]. برای اجرای این الگوریتم از تابع غیرخطی شعاعی با حد آستانه صفر استفاده شد که در تحقیقات پیشین، عملکرد بهتری نسبت به توابع خطی، چندجمله‌ای و حلقوی داشته است [۱۳ و ۵].

ه) الگوریتم جنگل تصادفی^۵

این الگوریتم در گروه الگوریتم‌های یادگیری ماشین قرار دارد و شامل مجموعه‌ای از درخت‌های طبقه‌بندی و رگرسیونی است. قابل اجرا بودن و سرعت بالای آن روی داده‌های با حجم بالا، مدیریت هزاران متغیر بدون حذف متغیرها، برآورد کردن مهم‌ترین متغیرها از میان کل متغیرها و برآورد داده‌های گم‌شده و عدم نیاز آن به داده‌های آموزشی از مزیت‌های این الگوریتم است [۴]. برای اجرای این روش تعداد نمونه‌های هر درخت برابر یک، حداقل گره زیر نمونه یک، و با تعداد ۱۰۰۰ درخت، طبقه‌بندی انجام شد.

طبقه‌بندی و ارزیابی صحت و دقت تصاویر حاصل از طبقه‌بندی

بر روی پنج گروه باندی منتخب، با نمونه‌های تعلیمی یکسان الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده پیکسل پایه پارامتری فاصله ماهالانوبیس و حداکثر احتمال و ناپارامتری‌های شبکه عصبی پرسپترون، ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی انجام شد.

پس از طبقه‌بندی به منظور همگن کردن کلاس‌ها و بهبود نتایج حاصل از طبقه‌بندی برای حذف پیکسل‌های پراکنده در سطح تصویر طبقه‌بندی شده از

الگوریتم فاصله ماهالانوبیس یک الگوریتم حساس به مقدار فاصله است که همه‌ی پیکسل‌ها به نزدیک‌ترین کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. این الگوریتم شبیه روش حداکثر احتمال بوده اما فرض می‌کند تمام کلاس‌ها، کوواریانس یکسانی دارند [۱۶].

ب) الگوریتم حداکثر احتمال^۱

الگوریتم حداکثر احتمال از شناخته‌ترین و پرکاربردترین الگوریتم‌های طبقه‌بندی کننده است. در این روش احتمال این که یک پیکسل به تمامی کلاس‌ها تعلق داشته باشد محاسبه شده و به کلاس با بیشترین احتمال تعلق می‌گیرد. فرض بر این است که داده‌های نمونه‌های تعلیمی با توزیع نرمال برازش دارند و در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند [۱۶].

ج) الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون^۲

الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون از تعدادی اجزای ساختاری ساده، اما با یک ارتباط پیچیده به عنوان نرون و نود تشکیل شده است [۲۳]. در این تحقیق نرون وردی همان تعداد باندها در یک گروه باندی منتخب و تعداد گره‌های پنهان به کمک نرم افزار و بر اساس تعداد باند معرفی شده به نرم افزار در لایه ورودی، خود به خود معرفی می‌شود. نرون خروجی همان سه طبقه کنار، گون و خاک به همراه سایر پوشش گیاهی طبقه‌بندی شده است. اجرای این الگوریتم با تکرار طبقه‌بندی و بررسی کیفی تصویر خروجی و بررسی صحت کلی و ضریب کاپا، تکرار آموزشی^۳ ۵۰۰۰ مناسب تشخیص داده شد.

د) الگوریتم ماشین بردار پشتیبان^۴

در این الگوریتم با استفاده از همه باندها و یک الگوریتم بهینه‌سازی، نمونه‌هایی که مرزهای کلاس‌ها را

1- Maximum Likelihood (ML)

2- Multi- Layer Perceptron (MLP)

3- Training Iteration

4- Support Vector Machine (SVM)

5- Random Forest (RF)

بوده و با افزایش داده‌های کمکی از جمله PC1، شاخص‌های NDVI و SAVI نتایج طبقه‌بندی بهبود می‌یابد ولی در مقایسه با الگوریتم فاصله ماهالانوبیس نتیجه مناسب‌تری ارائه می‌نماید.

ماتریس حاصل از اجرای الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون نشان می‌دهد که طبقه‌بندی به دست آمده از گروه بانندی OIF دارای صحت کلی و ضریب‌کاپا بالایی در میان پنج گروه بانندی انتخابی است. هرچند در تفکیک دو گونه گیاهی کنار و گون نسبت به گروه‌های بانندی منتخب دیگر موفقیت‌آمیز نیست (جدول ۳).

مقایسه نتایج گروه‌های بانندی پنج‌گانه با اعمال الگوریتم ماشین بردار پشتیبان نشان می‌دهد که به‌کارگیری گروه‌های بانندی اصلی به همراه شاخص‌ها و مؤلفه اول در تفکیک گونه‌های درختچه‌ای و بوته‌ای کنار و گون نسبت به گروه‌های بانندی حاصل از آنالیز بافت برتری دارد (جدول ۴).

نتایج طبقه‌بندی با الگوریتم جنگل تصادفی نشان از برتری اندک گروه‌های بانندی حاصل از آنالیز بافت رخداد و هم رخداد در بالاترین صحت کلی و ضریب‌کاپا نسبت به سایر گروه‌های بانندی منتخب است (جدول ۵).

با بررسی نتایج، بالاترین میزان صحت کلی و ضریب‌کاپا به ترتیب ۸۵/۶۹ درصد و ۰/۷۲ مربوط به گروه بانندی چهار باند اصلی با مؤلفه اول (PC1)، شاخص‌های NDVI و SAVI با الگوریتم حداکثر احتمال و کمترین صحت کلی و ضریب‌کاپا به ترتیب ۶۹/۵ درصد و ۰/۳۱ متعلق به میانگین رخداد و هم رخداد آنالیز بافت با الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون است.

همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ نمایش داده شده است گونه کنار نسبت به گونه گون در هر پنج الگوریتم به نحو مطلوب‌تری تفکیک شده است ولی در مقایسه الگوریتم‌ها، حالت فلفل نمکی^۳ در خروجی‌های حاصل از الگوریتم پارامتری نسبت به پارامتری بیشتر است.

فیلتر اکثریت^۱ استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از روش‌های طبقه‌بندی مختلف، معیارهای صحت کلی، ضریب‌کاپا، صحت کاربر و صحت تولیدکننده بر اساس ماتریس خطا^۲ تشکیل شده بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی، بر اساس روابط زیر محاسبه شد.

$$OA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m P_{ii} \times 100 \quad (1)$$

$$PA = \frac{t_a}{g_a} \times 100 \quad (2)$$

$$UA = \frac{t_a}{n_1} \times 100 \quad (3)$$

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^m P_{ii} - \sum_{i=1}^m (g_a n_1)}{N^2 - \sum_{i=1}^m (g_a n_1)} \quad (4)$$

در روابط ۱ تا ۴، درصد صحت کلی با OA، تعداد کل پیکسل‌ها در طبقه‌بندی با N، پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده برای تمام کلاس‌ها یا پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا با $\sum_{i=1}^m P_{ii}$ ، درصد صحت تولیدکننده هر کلاس با PA، تعداد پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به عنوان کلاس a با t_a ، تعداد پیکسل‌های کلاس a در واقعیت زمینی با g_a ، درصد صحت کاربر هر کلاس با UA، تعداد پیکسل‌های کلاس a در نتیجه طبقه‌بندی با n_1 ، ضریب‌کاپا با K نمایش داده شده است [۱۷].

نتایج

نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر هوایی UC-D با استفاده از الگوریتم‌های فاصله ماهالانوبیس، حداکثر احتمال، شبکه عصبی پرسپترون، ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی بر اساس پنج گروه بانندی منتخب به ترتیب در جدول‌های ۱ تا ۵ مشاهده می‌شود.

اعمال الگوریتم حداکثر احتمال بر گروه‌های بانندی نشان داد که نتایج مشابه الگوریتم فاصله ماهالانوبیس

1- Majority

2- Error Matrix

3- Salt-pepper Effect

جدول ۱- صحت الگوریتم حداکثر احتمال با استفاده از گروه‌های باندی منتخب

| صحت کلی (%) ضریب کاپا | صحت کاربر (%) | | | صحت تولیدکننده (%) | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------|-------|---|
| | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | | |
| ۰/۶۶ | ۸۱/۲۰ | ۳۴/۱۲ | ۹۹/۱۴ | ۸۱/۷۴ | ۹۳/۷۷ | ۷۵/۱۹ | ۹۴/۷۵ | چهار باند اصلی |
| ۰/۶۶ | ۸۰/۹۶ | ۳۳/۶۶ | ۹۹/۱۶ | ۸۱/۷۶ | ۹۳/۵۴ | ۷۴/۸۲ | ۹۴/۹۱ | گروه باندی آنالیز بافت رخداد (میانگین اول) |
| ۰/۶۶ | ۸۱/۰۸ | ۳۳/۸۸ | ۹۹/۱۰ | ۸۱/۷۵ | ۹۳/۳۷ | ۷۵/۰۱ | ۹۴/۹۱ | گروه باندی آنالیز بافت هم رخداد (میانگین دوم) |
| ۰/۷۲ | ۸۵/۷۰ | ۴۳/۸۴ | ۹۶/۵۵ | ۸۱/۲۱ | ۷۶/۱۹ | ۸۴/۶۷ | ۹۱/۶۳ | چهار باند اصلی با NDVI ، PC1 و SAVI |
| ۰/۶۳ | ۸۱/۰۱ | ۳۳/۷۶ | ۹۶/۵ | ۷۲/۵۸ | ۶۷/۱۵ | ۸۲/۶۲ | ۸۰/۶۴ | گروه باندی انتخابی OIF |

جدول ۲- صحت الگوریتم فاصله ماهالانویس با استفاده از گروه‌های باندی منتخب

| صحت کلی (%) ضریب کاپا | صحت کاربر (%) | | | صحت تولیدکننده (%) | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------|-------|---|
| | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | | |
| ۰/۶۷ | ۸۰/۹۷ | ۳۴/۲۴ | ۹۹/۷۰ | ۸۱/۳۳ | ۹۵/۱۲ | ۷۳/۰۱ | ۹۹/۷۰ | چهار باند اصلی |
| ۰/۶۷ | ۸۰/۹۹ | ۳۴/۲۱ | ۹۹/۷۴ | ۸۱/۳۴ | ۹۴/۹۵ | ۷۳/۰۲ | ۹۹/۸۳ | گروه باندی آنالیز بافت رخداد (میانگین اول) |
| ۰/۶۶ | ۸۰/۹۳ | ۳۴/۰۶ | ۹۹/۶۸ | ۸۱/۳۵ | ۹۴/۵۵ | ۷۲/۹۹ | ۹۹/۷۷ | گروه باندی آنالیز بافت هم رخداد (میانگین دوم) |
| ۰/۶۹ | ۸۳/۳۸ | ۳۶/۸۶ | ۹۷/۱۸ | ۸۱/۶۳ | ۷۷/۳۷ | ۷۸/۶۶ | ۹۸/۹۹ | چهار باند اصلی با NDVI ، PC1 و SAVI |
| ۰/۶۱ | ۷۸/۵۶ | ۳۳/۵۳ | ۹۸/۱۰ | ۷۰/۲۱ | ۷۹/۱۷ | ۷۵/۱۵ | ۸۸/۲۶ | گروه باندی انتخابی OIF |

جدول ۳- صحت الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون با استفاده از گروه‌های باندی منتخب

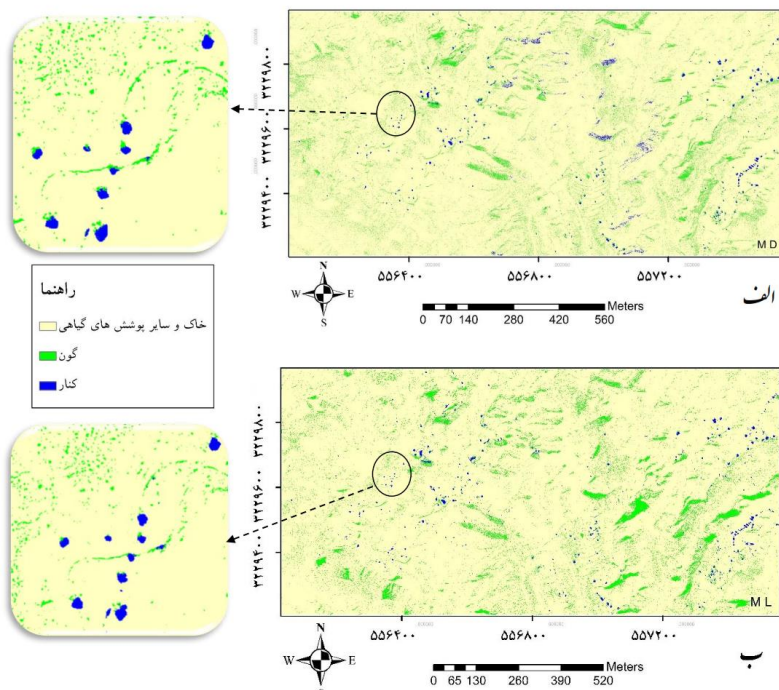
| صحت کلی (%) ضریب کاپا | صحت کاربر (%) | | | صحت تولیدکننده (%) | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------|-------|---|
| | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | | |
| ۰/۵۹ | ۸۰/۹۹ | ۴۲/۱۲ | ۸۵/۷۳ | ۸۱/۸۹ | ۵۱/۶۰ | ۸۷/۲۳ | ۷۱/۹۹ | چهار باند اصلی |
| ۰/۵۴ | ۷۹/۳۷ | ۴۴/۷۶ | ۸۳/۰۶ | ۸۱/۹۹ | ۵۵/۶۴ | ۸۸/۳۲ | ۶۰/۷۳ | گروه باندی آنالیز بافت رخداد (میانگین اول) |
| ۰/۴۸ | ۷۷/۸۶ | ۴۷/۱۸ | ۸۰/۳۳ | ۸۰/۸۲ | ۴۹/۲۴ | ۹۰/۱۱ | ۵۱/۱۳ | گروه باندی آنالیز بافت هم رخداد (میانگین دوم) |
| ۰/۴۹ | ۷۶/۸۰ | ۵۳/۷۴ | ۷۸/۵۰ | ۸۳/۰۴ | ۴۱/۶۴ | ۹۰/۳۱ | ۵۵/۱۵ | چهار باند اصلی با NDVI ، PC1 و SAVI |
| ۰/۶۸ | ۸۴/۷۶ | ۵۰/۱۰ | ۹۲/۴۶ | ۷۳/۰۷ | ۲۷/۶۲ | ۸۷/۳۸ | ۹۴/۹۱ | گروه باندی انتخابی OIF |

جدول ۴- صحت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با استفاده از گروه‌های باندی منتخب

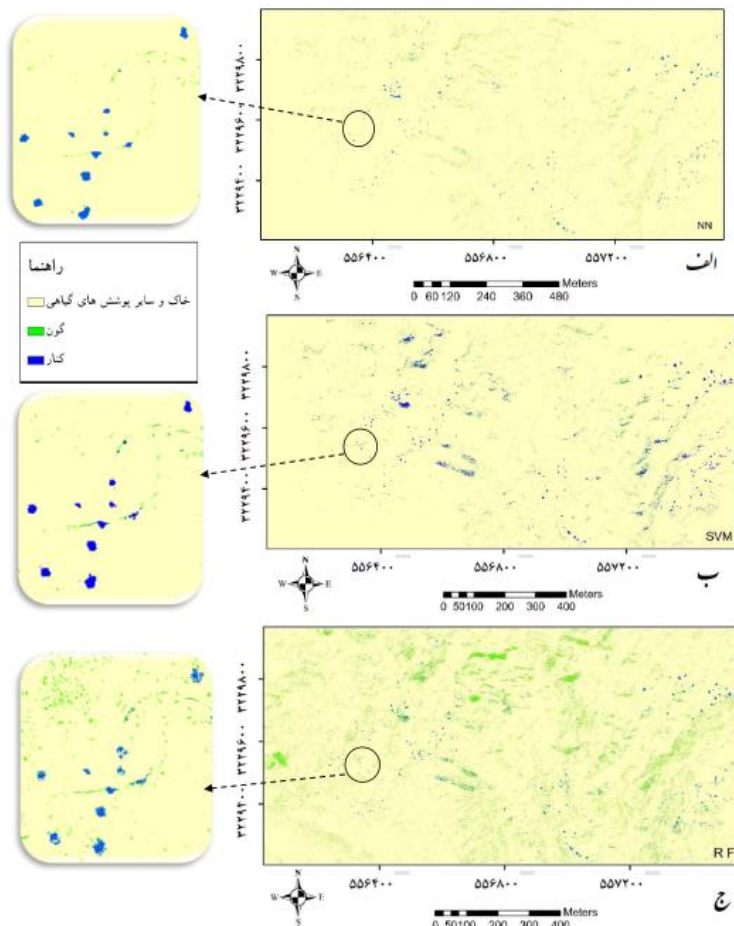
| صحت کلی (%) ضریب کاپا | صحت کاربر (%) | | | صحت تولیدکننده (%) | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------|-------|---|
| | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | | |
| ۰/۳۹ | ۷۴/۰۵ | ۵۷/۵۰ | ۷۳/۹۶ | ۷۸/۷۵ | ۱۵/۲۸ | ۹۳/۲۲ | ۵۱/۳۲ | چهار باند اصلی |
| ۰/۳۱ | ۶۹/۵۷ | ۲۴/۸۶ | ۷۲/۱۷ | ۸۱/۶۳ | ۱۵/۲۸ | ۸۷/۱۸ | ۴۸/۸۸ | گروه باندی آنالیز بافت رخداد (میانگین اول) |
| ۰/۳۲ | ۶۹/۹۶ | ۲۵/۷۳ | ۷۲/۲۳ | ۸۱/۵۷ | ۱۴/۶۲ | ۸۷/۹۷ | ۴۸/۶۸ | گروه باندی آنالیز بافت هم رخداد (میانگین دوم) |
| ۰/۴۵ | ۷۷/۱۷ | ۳۲/۸۶ | ۷۶/۶۰ | ۸۳/۷۲ | ۳/۷۹ | ۹۴/۹۳ | ۶۱/۴۳ | چهار باند اصلی با NDVI، PC1 و SAVI |
| ۰/۴۳ | ۷۵/۸۶ | ۴۸/۴۸ | ۷۷/۰۴ | ۷۲/۲۸ | ۳/۸۹ | ۹۲/۵۰ | ۶۳/۰۴ | گروه باندی انتخابی OIF |

جدول ۵- صحت الگوریتم جنگل تصادفی با استفاده از گروه‌های باندی منتخب

| صحت کلی (%) ضریب کاپا | صحت کاربر (%) | | | صحت تولیدکننده (%) | | | | |
|-----------------------|---------------|---------------------------|-------|--------------------|---------------------------|-------|-------|---|
| | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | گون | خاک و سایر گونه‌های گیاهی | کنار | | |
| ۰/۶۰ | ۸۱/۴۷ | ۳۹/۵۳ | ۸۵/۵۸ | ۹۳/۶۸ | ۶۳/۹۰ | ۸۸/۳۵ | ۶۶/۹۲ | چهار باند اصلی |
| ۰/۶۱ | ۸۱/۹ | ۴۰/۶۴ | ۸۵/۷۵ | ۹۴/۴۱ | ۶۳/۹۰ | ۸۹/۰۱ | ۶۷/۲۰ | گروه باندی آنالیز بافت رخداد (میانگین اول) |
| ۰/۶۱ | ۸۱/۶۰ | ۴۰/۱۴ | ۸۵/۵۰ | ۹۳/۵۲ | ۶۳/۲۲ | ۸۸/۶۹ | ۶۶/۶۹ | گروه باندی آنالیز بافت هم رخداد (میانگین دوم) |
| ۰/۵۸ | ۸۰/۷۶ | ۴۴/۶۰ | ۸۳/۸۰ | ۹۲/۴۳ | ۵۳/۷۹ | ۸۹/۲۱ | ۶۶/۷۷ | چهار باند اصلی با NDVI، PC1 و SAVI |
| ۰/۵۸ | ۸۱/۸۴ | ۴۲/۸۰ | ۸۴/۷۸ | ۸۴/۱۱ | ۳۹/۰۲ | ۹۱/۹۰ | ۶۵/۸۹ | گروه باندی انتخابی OIF |



شکل ۳- طبقه‌بندی گروه هفت باندی (چهار باند اصلی، NDVI، PC1 و SAVI) با الگوریتم‌های پارامتری الف) حداکثر احتمال و ب) فاصله ماکسیمی



شکل ۴- طبقه‌بندی گروه هفت باندهی (چهار باند اصلی، PC1، NDVI و SAVI) با الگوریتم‌های ناپارامتری الف) شبکه عصبی پرسپترون، ب) ماشین بردار پشتیبان و ج) جنگل تصادفی

NDVI و SAVI و نیز نتایج حاصل از سایر الگوریتم‌ها، نشان از قابلیت خوب داده‌ها در تهیه نقشه پراکنش و تشخیص گونه کنار از سایر گونه‌ها دارد. انتخاب نمونه‌های تعلیمی از نظر تعداد پیکسل متعلق به یک نمونه از یک کلاس در یک داده با قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری بالا مانند داده‌های UC-D که مجموع چند پیکسل تشکیل یک پدیده را می‌دهند نیز یکی از موارد مهمی است که در امر نمونه‌گیری می‌بایست به آن توجه خاص نمود. در این تحقیق با توجه به اینکه قدرت تفکیک مکانی داده‌ها (اندازه پیکسل‌ها ۱۲ سانتیمتر) زیاد بود، در ابتدا بستن محدوده تاج گونه‌های کنار و گون بر روی تصویر و عدم دخالت دادن شاخص گیاهی NDVI در نمونه برداری سبب شد که بخشی از تاج بسیاری از پایه‌های این دو گونه به عنوان کلاس دیگر طبقه‌بندی شود. با بهره‌گیری از شاخص NDVI و محدود نمودن پیکسل‌های نمونه‌های کلاس‌های کنار و گون به وسیله این

بحث و نتیجه‌گیری

خروجی‌های حاصل از طبقه‌بندی به روش پیکسل پایه نشان می‌دهد که در نواحی نیمه‌خشک با درختچه‌های پراکنده کنار و بوته‌های پایای گون که به لحاظ فیزیونومی قابل تیپ بندی بوده و از نظر ابعاد و اندازه تاج پوشش متفاوت با سایر گونه‌ها هستند، دستیابی به صحت کلی و ضریب کاپای قابل قبول با الگوریتم‌های پارامتری و ناپارامتری نشان از قابلیت خوب داده‌های UC-D در تفکیک و تشخیص گونه کنار از سایر بوته‌های پایا است. قدرت تفکیک مکانی بالای داده‌های UC-D، نقش مؤثری در تفکیک گونه‌ها به روش طبقه‌بندی پیکسل پایه داشته است. امکان تفکیک گونه کنار در رویشگاه‌های طبیعی آن در نواحی خشک و نیمه‌خشک جنوب کشور با داده‌های UC-D با صحت کلی (۸۵/۶۹ درصد) و ضریب‌کاپای قابل قبول (۰/۷۲) با الگوریتم حداکثر احتمال و گروه باندهی چهار باند اصلی به همراه PC1 و شاخص‌های

کرده است [۲۸ و ۲۱]. در رابطه با الگوریتم جنگل تصادفی ملاحظه شد که در تمامی گروه‌های باندی نتایج حاصل دارای صحت کلی و ضریب کاپای بالا بوده و نیز در مقایسه با دو الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون و ماشین بردار پشتیبان برتری دارد. در این زمینه تحقیق انجام شده در سری یک جنگل داراب کلای مازندران با داده‌های HRG اسپات نشان داد که الگوریتم‌های درخت طبقه‌بندی و رگرسیونی و جنگل تصادفی برای تهیه نقشه تیپ جنگل مناسب هستند [۷]. از آن جایی که جنگل‌های جنوب کشور و به ویژه نواحی خلیج عمانی از نظر پوشش گیاهی بوته‌ای پایا، درختچه‌ای و درختی دارای شکل‌های رویشی و ارتفاعی متفاوتی است و نیز تاثیرات ناشی از تداخل طیفی خاک با گونه‌های بوته‌ای بیشتر مشهود است، این امر باعث درهم تنیدگی طیفی می‌شود. بنابراین، به‌کارگیری الگوریتم‌های دیگر در محدوده مورد مطالعه و نیز تکرار روش‌های بکار گرفته شده در این پژوهش در قسمت‌های دیگر این نواحی با داده‌های دارای قدرت تفکیک مکانی و عمق رادیومتری بالا پیشنهاد می‌گردد. همچنین برای ارزیابی قابلیت بهتر داده‌ها، می‌بایست انجام چنین تحقیقی در نواحی با ساختار و ترکیب گونه‌ای متفاوتی انجام گیرد. همچنین الگوریتم‌های مبتنی بر روش شی‌پایه و در صورت امکان همراه با داده‌های ارتفاعی دقیق مانند LIDAR، DSM و DTM آزمون گردد.

با توجه به این که در جنوب کشور و رویشگاه‌های طبیعی تاکنون نقشه پراکنش پایه‌های گونه درختچه‌ای کنار در مناطق نیمه‌خشک تهیه نشده، با استناد به نتیجه این پژوهش برای اولین بار نقشه تراکم این گونه با استفاده از داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالای UC-D با صحت قابل قبول تهیه شد. به عبارتی، تشخیص گونه کنار و به تبع آن تهیه نقشه تراکم آن در رویشگاه‌های طبیعی امکان‌پذیر می‌گردد.

شاخص، نتایج طبقه‌بندی بهبود یافت. در این راستا تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که بهره‌گیری از این شاخص نتیجه مطلوب‌تری را در تیپ بندی پوشش گیاهی با داده‌های دارای قدرت تفکیک مکانی متوسط نظیر داده‌های ماهواره آیکنوس [۱۰] و قدرت تفکیک کم مانند داده‌های سنجد OLI ماهواره لندست ۸ [۱۱] را سبب شده است. بنابراین، این شاخص هم در تفکیک گونه‌های گیاهی برای داده‌های با قدرت تفکیک مکانی زیاد و هم تیپ بندی پوشش گیاهی با داده‌های با قدرت تفکیک مکانی متوسط و کم، باعث بهبود نتایج طبقه‌بندی می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق، نقشه‌های حاصل از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه از کیفیت، نرمی و یکنواختی مناسبی برخوردار نبود و این موضوع در نقشه‌های حاصل از الگوریتم‌های پارامتری بیشتر از ناپارامتری بود. ضمن مقایسه الگوریتم‌های پیکسل پایه و شی‌پایه جهت تهیه نقشه جنگل در جنگل‌های آمیخته شمال کشور نشان داد که خروجی نقشه‌های حاصل از الگوریتم‌های پیکسل پایه به‌ویژه فاصله ماهالانوبیس دارای کیفیت، نرمی و یکنواختی بالایی نیست [۱۹]. در این پژوهش با استناد به نتایج جدول‌های ۱ تا ۵ مشاهده شد که اضافه نمودن داده‌های کمکی از جمله PC1، شاخص‌های NDVI و SAVI به باندهای اصلی چهارگانه، سبب بهبود تفکیک‌پذیری گونه‌های کنار و گون در هر پنج الگوریتم شد و به عبارتی باعث افزایش صحت و دقت گردید که این موضوع در رابطه با الگوریتم حداکثر احتمال بیشتر مشهود بود.

تحقیقات پیشین بیان‌گر این است که استفاده از داده‌های کمکی مانند شاخص‌های گیاهی می‌تواند باعث افزایش صحت طبقه‌بندی و تفکیک بهتر طبقات پوشش از یکدیگر شود. در طبقه‌بندی انجام شده با الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون، داده‌ها و اطلاعات کمکی، کمک زیادی به تفکیک طبقات پوشش اراضی

References

- [1]. Alavipanah, S.K., & Masoudi, M. (2000). Land Use Mapping Using Landsat TM and Geographic Information System (GIS), a Case Study: Mouk Region of

Fars Province, *Agriculture Science Natural Resources*, 8(1), 65-75. (in Farsi)

- [2]. Anys, H., Bannari, A., He, D.C., & Morin, D. (1994). "Texture analysis for the mapping of urban areas using airborne

- MEIS-II images,” *Proceedings of the First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*, Strasbourg, France, 3, 231-245.
- [3]. Baltasvias, E., Eisenbeiss, H., Akca, D., Waser, L.T., Kuckler, M., Ginzler, C., & Thee, P. (2007). Modelling fractional shrub/tree cover and multi-temporal changes using high-resolution digital surface model and CIR-aerial images, 287-297, <http://www.photogrammetry.ethz.ch/general/persos/devrim-publ.html>.
- [4]. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- [5]. Colgan, M.S., Baldeck, C.A., Feret, J.B., & Asner, G.P. (2012). Mapping Savanna Tree Species at Ecosystem Scales Using Support Vector Machine Classification and BRDF Correction on Airborne Hyperspectral and LiDAR Data, *Remote Sensing*, 4, 3462-3480.
- [6]. Erfanfard, S.Y. (2014). Application of ROC curve to assess pixel-based classification methods on UltraCam-D aerial imagery to discriminate tree crowns in pure stands of Brant's oak in Zagros forests, *Forest and Poplar Research*, 22(4), 469-663. (in Farsi)
- [7]. Fallah, A., Kalbi S., & Shataee Joibary, Sh. (2014). Forest stand types classification using tree-based algorithms and spot-hrg data, *Environmental Resources Research*, 2(1), 31-46.
- [8]. Ghasemi Rozveh, A., Shataee Joibary, Sh., & Mohamadi, J. (2017). Capability investigation of digital aerial Ultra Cam-D images in identifying tree species in the Hyrcanian mixed forests (Case study: Shastkalate forest in Gorgan), *Wood & Forest Science and Technology*, 24(1), 77-89. (in Farsi)
- [9]. Gualtieri, J.A., & Cromp, R.F. (1998). Support Vector Machines for Hyperspectral Remote Sensing Classification, In: *Proceedings of the 27th AIPR Workshop: Advances in Computer Assisted Recognition*, Washington, D.C., 221-232.
- [10]. Karami, J., Shataee Joibary, Sh., & Hosseini, S.M. (2010). Capability Assessment of IKONOS Images for Urban Vegetation Mapping, *Wood and Forest Science and Technology*, 17(2), 89-103. (in Farsi)
- [11]. Lohrabi, Y., Abbasi, M., Soltani, A., & Riyahi Bakhtyari, H.R. (2018). Determination of the most suitable method for forest type mapping in central Zagros using landsat-8 satellite Images. *Forest Research and Development*, 4(2), 191-205. (in Farsi)
- [12]. Ozdemir, I., Norton D. A., Ozkan, U.Y., Mert, A., & Senturk, O. (2008). Estimation of tree size diversity using object-oriented texture analysis and ASTER imagery, *Sensors*, 8, 4709-4724.
- [13]. Pouteau, R., Meyer, Y., Taputuarai, R., & Stoll, B. (2012). Support vector machines to map rare and endangered native plants in Pacific islands forests, *Ecological Informatics*, 9, 37-46.
- [14]. Rafieyan, O., Darvishsefat, A.A., Babaii, S., & Matajii, A. (2011). Evaluation of pixel-based and object-based classification methods for tree identification using aerial images (Case study: a forestation in Camestan-Nur), *Forest*, 3(1), 35-47. (in Farsi)
- [15]. Rashidi, M.J., Fattahi, M., Keshavarz Moulaei, S., & Delavar Qashqai, Sh. (2002). Final Report Distribution of different species of Pistachio in Bushehr Province of Iran, Agriculture and Natural

- Resources Research Center of Bushehr Province, Iran, 18-19. (in Farsi)
- [16]. Richards, J.A. & Jia, X. (2006). Remote Sensing Digital Image Analysis an Introduction; 4th Edition, Springer, Germany, Berlin, Heidelberg.
- [17]. Ridd, M.K. & Liu, J., (1998). A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment, *Remote Sensing Environment*, 63, 95-100.
- [18]. Shabani Pour, M., Darvishsefat, A., & Rafieyan, O. (2013). Study The Possibility of Identifying Tree Species In Digital Aerial Images Based Object Classification, *The Forest and Wood Products*, 67(1), 21-32. (in Farsi)
- [19]. Shataee Joibary, Sh., & Abdi, O. (2007). Land Cover Mapping in Mountainous Lands of Zagros Using ETM+ Data (Case Study: Sorkhab Watershed, Lorestan Province), *Agricultural Science Natural Resources*, 14(1), 129-139. (in Farsi)
- [20]. Shataee Joibary, Sh., Darvishsefat, A. A., & Sobhani H. (2007). Comparison of pixel-based and object-based approaches for forest type mapping using satellite data, *the Iranian Natural Resources*, 60(3), 869-881. (in Farsi)
- [21]. Soffianian, A., Mohamadi Towfigh, A., Khodakarami, L., & Amiri, F. (2011). Land use mapping using artificial neural network (Case study: Kaboudarahang, Razan and Khonjin- Talkhab catchment in Hamedan province), *Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science* 2(1), 114. (in Farsi)
- [22]. Sohrabi, H. (2009). Application of Visuall and Digital Interpretation in Forest Inventory. Ph.D. Thesis, *Faculty of Natural Resources and Marin Science*, Tarbiat Modares University, 110p. (in Farsi)
- [23]. Strobl, R.O., & Forte, F. (2007). Artificial neural network exploration of the influential factors in drainage network derivation, *Hydrological processes*, 21, 2965-2978.
- [24]. Treitz, P.M., & Howarth, P.J. (2000). Integrating spectral, spatial, and terrain variables for forest ecosystem classification, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66, 305-317.
- [25]. Wang, T., Zhang, H., Lin, H., & Fang, C. (2015). Textural-Spectral Feature-Based Species Classification of Mangroves in Mai Po Nature Reserve from Worldview-3 Imagery, *Remote Sensing*, 8(24), 1-15.
- [26]. Wood, E.M., Pidgeon, A.M., Radeloff, V.C., & Keuler, N.S. (2012). Image texture as a remotely sensed measure of vegetation structure, *Remote Sensing of Environment*, 121, 516-526.
- [27]. Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M., & Schirokauer, D. (2006). Object-Based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution semote sensing imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72(7), 799-811.
- [28]. Yuan, F., Bauer M. E, Heinert, N. J., & Holden, G. R. (2005). Multi-level land cover mapping of the twin cities (Minnesota) Metropolitan area with multi seasonall and sat TM/ETM+ Data, *Geocarto International*, 20(2), 5-13.

Investigating the capabilities of aerial digital images of UltraCam-D Camera to identify *Zizyphus spina christi* and *Astragalus* spp. in semi-arid regions
(Case study: Poshtkuh, Bushehr province)

- 1- M.J. Rashidi, Ph.D. Candidate, Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resource University, Sari & Research Expert, Forest and Rangeland Division, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran.
m.rashidi@areo.ir
- 2- A. Fallah, Prof., Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
- 3- Sh. Shataee Joibary, Prof., Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Gorgan, Iran.

Received: 21 May 2019

Accepted: 11 Sep 2019

Abstract

The present research was carried out with the aim of identification and separation of *zizyphus spina christi* and *Astragalus* sp. species as well as providing a distribution map of the mentioned species using UltraCam-D digital images in a part of the mountainous Bushehr province. Different techniques of enhancement were applied including Texture Analysis, Principal Component Analysis (PCA) and ratio of the bands. Five band groups were selected including main bands, band set obtained from image texture analysis, main bands along with indices and the first obtained band from PCA and a collection of the best bands obtained from OIF. The training samples were produced through field method. Then, 70% of the samples were applied for various classifier pixel-based algorithms including, Mahalanobis Distance classification, Maximum Likelihood classification, Neural Net Classification, Support Vector Machine (SVM) and Random Forest classification. Verification of the results was carried out using 30% of actual ground samples. Results of assesment of images classified by various algorithm showed that the maximum overall accuracy (85.69%) and kappa coefficient (0.72) in separating the three classes of *zizyphus spina christi*, *Astragalus* sp. and soil from the other mixed vegetation cover are for classification by Mahalanobis Distance Classification algorithm applied on group of four main band, PC1, NDVI and SAVI. In general, the results of classification by pixel-based method represent proper efficiency of UltraCam-D digital data for identification and separation of desert regions species particularly *zizyphus spina christi* from *Astragalus* sp and shrub species.

Keyword: Parametric and non-parametric algorithms; Remote Sensing; Semi-arid forests; Vegetation Indices.