

بررسی قابلیت باندهای حرارتی سنجنده *ASTER* در افزایش صحت خوارزمیک های طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در مناطق بیابانی

امیر هوشنگ احسانی^{۱*}، سحر شهپازی^۲

۱. دانشیار، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲. کارشناس ارشد منابع طبیعی

* نویسنده مسئول: ehsani@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۳

چکیده

داده‌های ثبت شده در باندهای حرارتی ماهواره ها، کاربرد فراوانی در بررسی ویژگی های حرارتی پدیده ها به ویژه در مناطق بیابانی دارند. طبقه بندی را می توان به عنوان مهمترین مرحله استفاده از تصاویر ماهواره ای در نظر گرفت. در این بررسی با بهره گیری از داده های سنجنده *ASTER* ماهواره *TERRA* مربوط به تاریخ ۲۲ آگوست ۲۰۰۱ شرق و شمال شرق دریاچه نمک کاشان، نقش کمی باندهای این سنجنده در افزایش صحت تفکیک پذیری پدیده ها در دو الگوریتم حداکثر احتمال (*MLK*) و ماشین بردار پشتیبان (*SVM*) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور پس از تصحیح هیرادیومتریک و هندسی، ۸ رویکرد با ترکیب های باندی مختلف به صورت گام به گام برای بررسی نقش کمی هر یک از باندها در افزایش صحت طبقه بندی انتخاب شد و سپس صحت طبقه بندی ها با استفاده از شاخص کاپا، دقت کاربر و دقت تولید کننده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج خوارزمیک های (الگوریتم) طبقه بندی نشان داد که خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان نسبت به خوارزمیک حداکثر احتمال، نتایج به نسبتاً بهتری ارائه می دهد. به طور کلی بهره گیری از تمامی باندهای طیفی و حرارتی (مجموع ۱۴ باند) بیشتری صحت کاپا را برای هر دو خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان (۸۳،۰۴) و حداکثر احتمال (۸۲/۹۰) نشان داد. در حالیکه با حذف کلیه باندهای حرارتی (باند ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴) صحت کاپا در هر دو خوارزمیک ۱۵ درصد تقلیل یافت. در خوارزمیک حداکثر احتمال، بیشترین تاثیر در افزایش صحت شاخص کاپا را باند ۱۴ حرارتی (بین ۸ الی ۱۰ درصد) و در خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان باندهای ۱۰ و ۱۴ (۷ درصد) دارا بودند. به طور کلی نتایج نشان داد که سنجنده *ASTER* به دلیل ثبت دامنه طیفی گسترده در طول موج های مادون قرمز حرارتی قابلیت بسیار زیادی در افزایش صحت کاپای طبقه بندی دارد.

واژگان کلیدی: مناطق بیابانی، سنجنده *ASTER*، ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال، باندهای حرارتی.

■ مقدمه

آگاهی از انواع پوشش اراضی و نقشه‌های کاربری اراضی، به‌عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف منابع طبیعی و محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کشتکار، ۱۳۸۶). با روند پیشرفت فن‌آوری، داده‌های ماهواره‌ای دارای قابلیت‌های جدیدتری شده و همزمان خوارزمیک‌های پردازش داده‌های آنها نیز توسعه یافته است. در سال‌های گذشته محققان از خوارزمیک‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل این داده‌ها استفاده کرده‌اند که روش‌های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان به‌عنوان یکی از کاراترین روش‌ها معرفی شده‌اند (درویش صفت، ۱۳۷۶، راهداری، ۱۳۸۸، Jensen, Huang 2002). پژوهش‌های زیادی برای بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای و مقایسه خوارزمیک‌های مختلف طبقه‌بندی در مطالعات منابع طبیعی و محیط زیست صورت گرفته است به‌عنوان نمونه احسانی (۱۳۸۹) به نقش باند حرارتی در تفکیک نقشه واحدهای کاربری اراضی در منطقه اروپای مرکزی پرداخت و نتیجه گرفت که استفاده از این باند (باند حرارتی) در الگوریتم‌های شی پایه نیز سبب افزایش دقت می‌گردد. بررسی سوابق مطالعات نشان داده است که درجه حرارت پارامتر مهمی در درک خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پدیده‌ها می‌باشد (علوی پناه، ۱۳۸۷). آرخی و ادیب نژاد (۱۳۹۰) به ارزیابی کارایی خوارزمیک‌های ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ لندست در حوزه سد ایلام پرداختند و به این نتایج دست یافتند که خوارزمیک SVM نسبت به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال از نظر دقت کل (حدود ۱۰٪) و ضریب کاپا (حدود ۱۵٪) برتری دارد. اکبری و همکاران (۱۳۹۰)، به ارزیابی دقت طبقه‌بندی کننده‌های بیشترین شباهت و ماشین بردار پشتیبان به‌منظور استخراج تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز طالقان با استفاده از تصاویر TM (۱۹۸۷) و ETM^+ (۲۰۰۰) پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که هر دو روش بیشترین شباهت و ماشین بردار پشتیبان از صحت قابل قبولی برخوردار بوده و روش ماشین بردار در تصاویر ETM^+ نتایج بهتری را نسبت به

روش طبقه‌بندی کننده بیشترین شباهت تولید می‌نماید. جعفری و همکاران (۱۳۹۲)، توانایی داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه TM و ETM^+ را در طبقه‌بندی کاربری اراضی و تأثیر باند حرارتی در افزایش دقت نقشه‌های کاربری منطقه کاشان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که دقت کاپای حاصل از طبقه‌بندی در هر دو سنجنده TM و ETM^+ با حضور تمام باندها به مقدار ۸۶/۳۴ و ۸۳/۲۱ درصد و در صورت حذف باند حرارتی این دقت به مقدار ۴ درصد کاهش می‌یابد. Sothworth (۲۰۰۴) به ارزیابی اطلاعات حرارتی باند ۶ لندست جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی و به‌ویژه برای تمایز مراحل توالی رشد جنگل در مناطق جنگلی خشک گرمسیری در ایالت یوکاتان مکزیک پرداخت. مشخص شد که باند ۶ حاوی اطلاعات قابل توجهی برای تفکیک‌پذیری طبقات کاربری اراضی در اکوسیستم جنگلی گرمسیری خشک (با ضریب ۳۵٪) می‌باشد. همچنین باند ۶ حرارتی عملکرد بهتری نسبت به بسیاری از اطلاعات باندهای تکی طیفی دارد. Kavzoglu and Colkesen (۲۰۰۹) به بررسی کارایی خوارزمیک‌های ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM^+ و ASTER در منطقه قبضه ترکیه پرداختند. آنها طبقه‌بندی را با بهره‌گیری از دو نوع کرنل چند جمله‌ای و پایه شعاعی اجرا و کارکرد این روش را با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال مقایسه کردند و به این نتایج دست یافتند که خوارزمیک‌های SVM به‌ویژه پایه شعاعی نسبت به روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال عملکرد بهتری از نظر دقت کلی و دقت تک تک طبقه‌ها دارد. بنابراین تصمیم‌گیری برای انتخاب داده‌های حرارتی سنجش از دور در مطالعات محیط زیست مرحله مهمی محسوب می‌شود. در اکثر این روش‌ها استفاده همزمان از باندهای مادون قرمز حرارتی و باندهای انعکاسی بدلیل قدرت تفکیک مکانی پایین، چندان مورد توجه نبوده است. در حالیکه تفاوت‌های جزئی حرارتی بین پدیده‌ها گاهی اوقات می‌تواند سبب بهبود تفکیک‌پذیری آنها در خوارزمیک‌های مختلف گردد. از این رو لازم است که کارایی کمی باندهای حرارتی در تفکیک پدیده‌های مختلف ارزیابی شود. از آنجا که هدف اصلی از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تهیه نقشه‌های

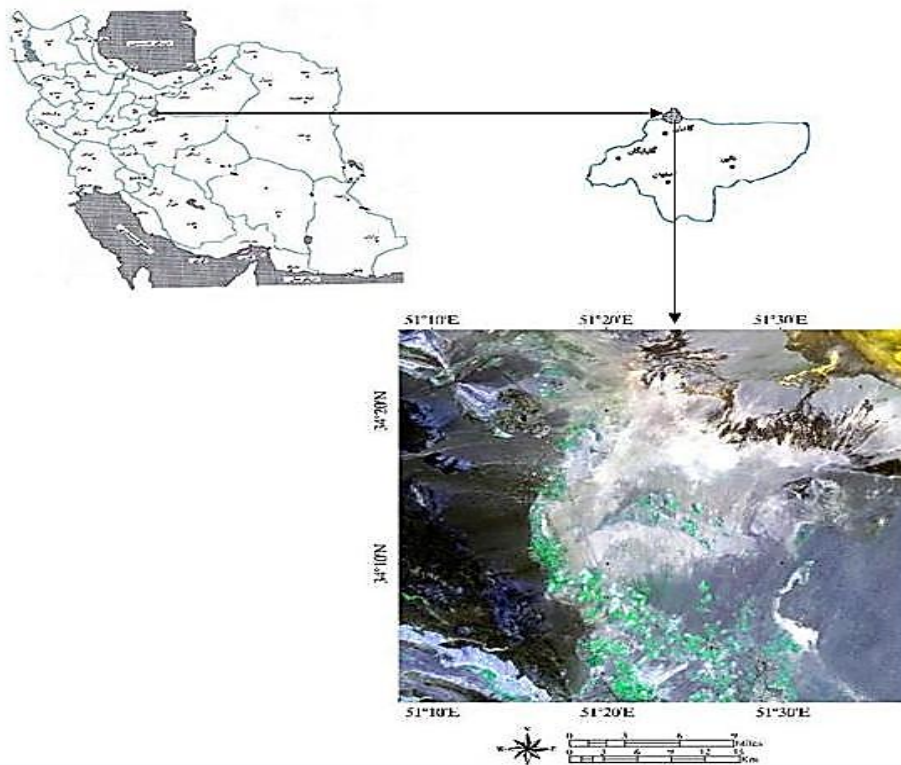
آران-بیدگل و کاشان با وسعت حدود ۲۰۲۵۰۰ هکتار در فاصله ۲۴۰ کیلومتری جنوب تهران و در حاشیه دریاچه نمک قرار دارد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی "۱۵° ۸' ۵۱" تا "۲۵° ۳۷' ۵۱" طول شرقی و "۰۰° ۳۴' ۵۰" تا "۲۵° ۳۴' ۸" عرض شمالی می باشد. منطقه مورد بررسی از شرق و شمال شرقی به دریاچه نمک و شوره زارهای آن و ریگ بلند کاشان از غرب به ارتفاعات و از جنوب به قسمت جنوبی شهرستان کاشان (فین) محدود می گردد (شکل ۱). بلندترین نقطه در منطقه مورد مطالعه ۱۵۰۰ متر از سطح دریا در شمال غربی منطقه و کمترین آن ۸۱۰ متر در منطقه آب شیرین می باشد.

موضوعی و کارآمد می باشد، انتخاب خوارزمیک مناسب طبقه بندی نیز، نقش زیادی در این امر دارد. در تحقیق حاضر قابلیت های باندهای حرارتی سنجنده *ASTER* ماهواره *TERRA*، در افزایش صحت طبقه بندی روش های حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان اراضی منطقه بیابانی جنوب کاشان به طور کمی ارزیابی شده است.

■ مواد و روش ها

منطقه مورد بررسی

محدوده مورد بررسی در استان اصفهان، شهرستان



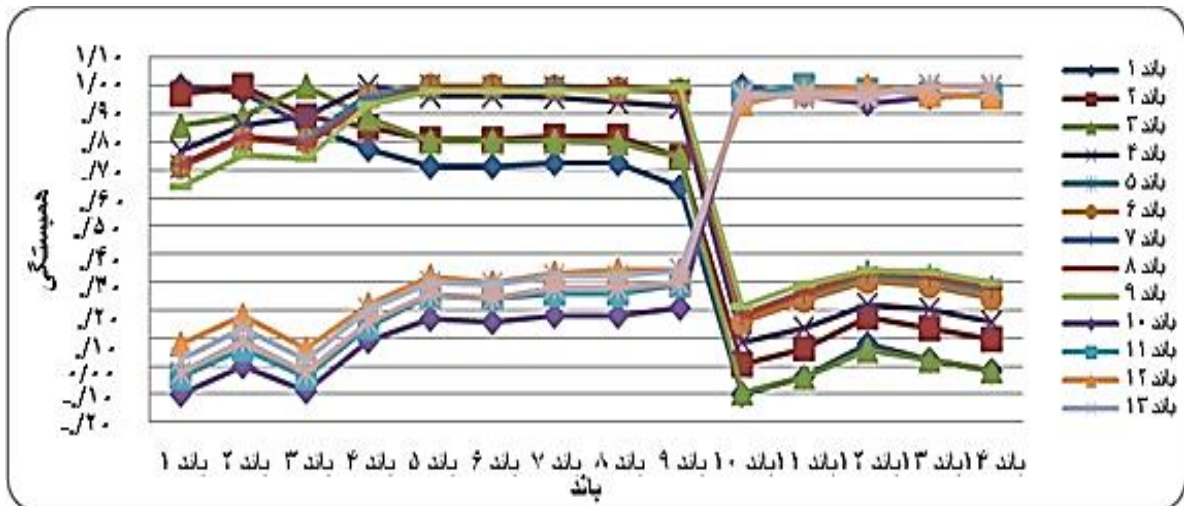
شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

به عنوان منابع کمکی در تفسیر نتایج استفاده گردید. از نتایج بازدیدهای میدانی نیز به عنوان ارزیابی صحت طبقه بندی استفاده گردید. نمودار همبستگی باندها (شکل ۲) نشان می دهد که مجموعه باندهای حرارتی (۱۱/۶۵ - ۸/۱۲۵) همبستگی بسیار کمی با باندهای مرئی (*VNIR*) و مادون قرمز موج کوتاه (*SWIR*) دارند. باندهای حرارتی خود دارای همبستگی زیادی با یکدیگر بودند (به ویژه

در این پژوهش از داده های سنجنده *ASTER* ماهواره *TERRA* با ۳ باند مرئی ۱۵ متر، ۶ باند مادون قرمز ۳۰ متر و ۵ باند حرارتی ۹۰ متر مربوط به تاریخ ۲۲ آگوست ۲۰۰۱، به عنوان منبع اصلی پردازش و از نقشه های زمین شناسی، خاکشناسی، توپوگرافی، عکس های ماهواره کوئیک برد (سال ۲۰۰۵)، کاربری اراضی و پوشش گیاهی و گزارش های مطالعاتی موجود

باندهای محدوده مادون قرمز موج کوتاه از ۱/ تا ۰/۳۵ و با یکدیگر، نزدیک به یک می‌باشد. همبستگی کم باندهای حرارتی با محدوده مرئی و مادون قرمز موج کوتاه نشان‌دهنده اطلاعات نسبتاً مفید در این باندها می‌باشد.

باندهای ۱۳ و ۱۴) و روند همبستگی آنها به‌طور تقریبی یکسان است. در این بین باند ۱۰ حرارتی نسبت به بقیه باندهای حرارتی کمترین همبستگی را با باند ۱۲ دارا می‌باشد (۰/۹۴). به‌طور کلی همبستگی باندهای محدوده حرارتی با باندهای محدوده مرئی از ۰/۱- تا ۰/۲ با



شکل ۲- نمودار همبستگی بین باندهای سنجنده ASTER در منطقه خشک

روی داده‌ها اعمال شد. با محاسبه فاکتور مطلوبیت، باندهایی انتخاب شد که ضریب همبستگی کمتر و واریانس بالاتری داشتند، ترکیباتی که OIF بزرگتری داشته باشند دارای اطلاعات بیشتری هستند (جدول ۱).

پس از آماده‌سازی داده‌ها و تصحیح‌های مورد نیاز، به‌منظور افزایش وضوح تصاویر و نمایان‌تر شدن پدیده‌ها و عوارض موجود و جداسازی بهتر طبقات پوشش، عملیات بهبود و بارزسازی تصاویر، محاسبه شاخص بهترین ترکیب باندی (با حضور و عدم حضور باندهای حرارتی)، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی و ساخت تصاویر رنگی کاذب بر

جدول ۱- اطلاعات مربوط به شاخص مطلوبیت سنجنده ASTER

ردیف	ترکیب باندی	فاکتور OIF
۱	۱, ۳, ۱۰	۵۱/۵۴
۲	۲, ۳, ۱۰	۴۴/۹۷
۳	۱, ۲, ۱۰	۴۴/۰۱
۴	۱, ۳, ۱۱	۴۳/۹۳
۵	۱, ۳, ۱۴	۴۱/۳۴
۶	۲, ۳, ۱۱	۳۹/۴۳

مربوط به پوشش اراضی مشخص شد (جدول ۲). انتخاب نمونه‌های تعلیمی مورد نیاز برای طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی مختلف بر روی تصویر رنگی کاذب ۴,۳,۲ (RGB)

در این مرحله پس از پردازش‌های اولیه، با استفاده از تفسیر چشمی، نقشه‌ها و گزارش‌های موجود، بررسی‌های میدانی و تصاویر گوگل ارث، ۱۳ طبقه اطلاعات طیفی

انجام شد، انتخاب این تصویر رنگی کاذب فقط برای شناسایی طبقه‌های مورد نظر و انتخاب بهترین نمونه‌های تعلیمی بوده است. برای این منظور در منطقه به فراخور سهم هر طبقه در منطقه مورد مطالعه تعداد مناسبی نمونه تعلیمی با استفاده از بررسی میدانی و تصاویر رنگی کاذب انتخاب گردیدند. نمونه‌های تعلیمی به‌عنوان نماینده طبقه‌های اطلاعاتی درخوارزمیک‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال استفاده شد. ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی کننده دودویی غیر آماری است که با استفاده از توابع کرنل، به عنوان یک طبقه‌بندی کننده چند طبقه‌ای و غیرخطی نیز به کار می‌رود (Vapnik & Chervonenkis, 1991). عبارتند از: کرنل خطی^۱، کرنل چندجمله‌ای^۲، کرنل پایه شعاعی^۳ و کرنل حلقوی^۴ (Vapnik, 1998).

در این روش با استفاده از باندهای ورودی و خوارزمیک بهینه‌سازی نمونه‌هایی که مرزهای طبقه‌ها را تشکیل می‌دهند، به دست می‌آیند که با بهره‌گیری از آنها مرز تصمیم‌گیری خطی بهینه برای جدا کردن طبقه‌ها محاسبه می‌شود، این نمونه‌ها را بردار پشتیبان می‌گویند. از مزایای بسیار مهم ماشین بردار پشتیبان بهبود بازده این طبقه‌بندی کننده با افزایش بعد داده‌ها است، چرا که هر چه بعد داده‌ها بیشتر شود فاصله طبقه از یکدیگر بیشتر و امکان جداسازی آنها با تعداد محدودی از نقاط آموزشی افزایش می‌یابد.

در این روش، طبقه‌بندی برپایه واریانس و کوواریانس انجام و فرض بر این است که همه مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند. باید تا حد امکان از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد، چرا که نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند. در این روش حد آستانه در نظر گرفته می‌شود به طوری که پیکسل‌ها به طبقه‌هایی که بیشترین شباهت را دارند، اختصاص می‌یابند (علوی پناه، ۱۳۸۹).

این خوارزمیک حساسیت کمتری به پدیده‌های فضاهای چند بعدی دارد، به همین علت در طبقه‌بندی داده‌های چند طیفی روش مناسبی به شمار می‌رود. میزان کارایی خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان بسته به نوع تابع کرنل متفاوت است

³ Radial basis

⁴ Sigmoid

¹ Linear

² Polynomial

جدول ۲- جدول اطلاعات مرفولوژی و فیزیوگرافی اراضی

نام طبقه اراضی	ویژگی ها
<i>Salt crust</i>	پوسته نمکی
<i>Wet zone</i>	منطقه مرطوب
<i>Flood plain</i>	دشت سیلابی
<i>sand dunes</i>	تپه های ماسه ای
<i>Sandy region</i>	شنزار
<i>Water spreading</i>	پخش سیلاب
<i>Clay pan</i>	دشت رسی
<i>Inselberg</i>	اینسبرگ
<i>Mountain</i>	کوهستان
<i>Agriculture land</i>	اراضی کشاورزی
<i>Reg & channel erosion</i>	دشت ریگی همراه با فرسایش آبراهه ای
<i>Reg</i>	دشت ریگی
<i>Urban area</i>	مناطق مسکونی

۴. استفاده از باندهای بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه به همراه باند ۱۲ حرارتی (باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۲)

۵. استفاده از باندهای بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه به همراه باند ۱۳ حرارتی (باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۳)

۶. استفاده از باندهای بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه به همراه باند ۱۴ حرارتی (باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۴)

۷. استفاده از مجموعه باندهای مادون قرمز حرارتی (۱۴ و ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳)

۸. استفاده از تمامی ۱۴ باند سنجنده (۱۴ و ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱)

تمامی رویکردهای باندی در دو خوارزمیک طبقه بندی حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان مورد آزمون قرار

در ادامه پس از تصحیحات اولیه رادیومتریک و هندسی ۸ رویکرد با ترکیب‌های باندی مختلف به صورت گام به گام جهت بررسی نقش کمی هر یک از باندها در افزایش صحت طبقه بندی طراحی شد. این رویکردها عبارتند از:

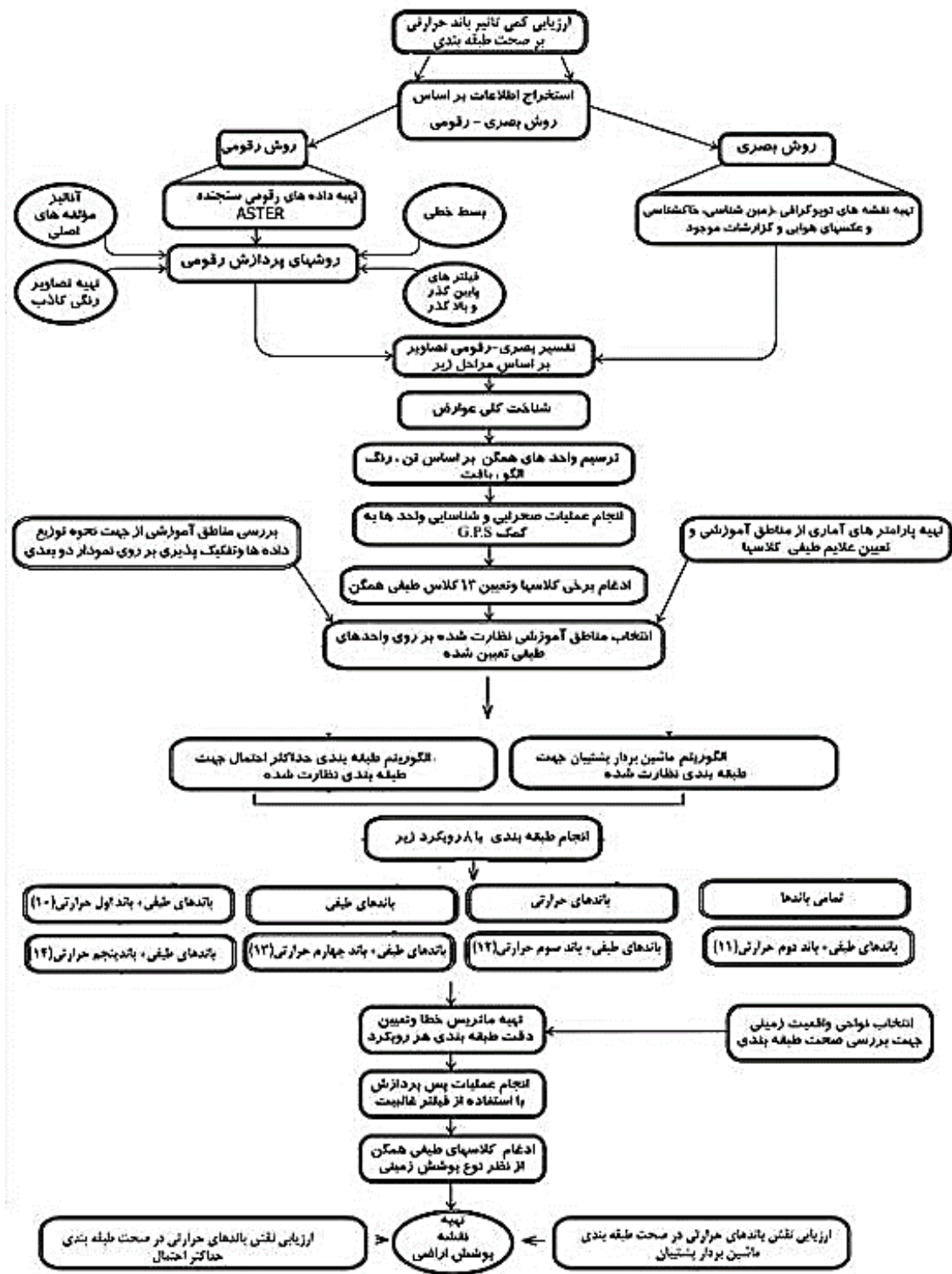
۱. استفاده از باندهای بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه (باندهای ۹ و ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱)

۲. استفاده از باندهای بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه به همراه باند ۱۰ حرارتی (باندهای ۱۰ و ۹، ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱)

۳. استفاده از باندهای بخش مرئی و مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز موج کوتاه به همراه باند ۱۱ حرارتی (باندهای ۱۱ و ۹، ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱)

دقت تولید کننده با استفاده از ماتریس خطا مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل ۳ نمودار روش تحقیق را نشان می‌دهد.

گرفته و سپس صحت طبقه بندی‌ها با استفاده از شاخص‌های صحت‌سنجی نظیر شاخص کاپا، دقت کاربر و



شکل ۳- فلوجارت مراحل تحقیق

■ نتایج

ترکیب اول نشان‌دهنده مقدار اطلاعات بالای این باندهای حرارتی می‌باشد. نتایج ارزیابی صحت کلی و کاپا برای هر دو خوارزمیک طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال با رویکردهای مختلف ترکیبات باندهای در جدول ۳ ارائه شده است.

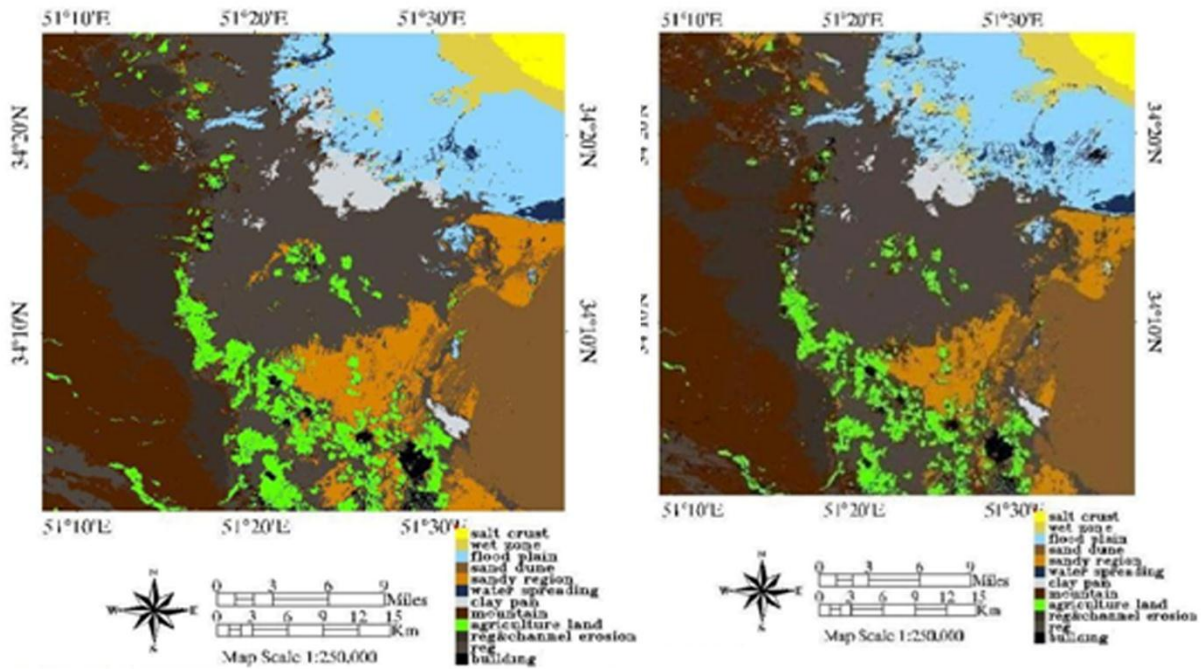
در انتخاب بهترین ترکیب باندهای با استفاده از شاخص مطلوبیت *OIF* که ترکیبات سه باندهای را به ترتیب مقدار اطلاعات آنها را درجه‌بندی می‌کند، در ۶ ترکیب اول بدست آمده، وجود باندهای ۱۰، ۱۱ و ۱۴ حرارتی به‌ویژه باند ۱۰ حرارتی در ۳

جدول ۳- شاخص صحت کلی و ضریب کاپای هر دو خوارزمیک طبقه‌بندی برای رویکردها

رویکردها (ترکیبات باندهای مورد استفاده در خوارزمیک ها)	صحت کلی خوارزمیک حداکثر احتمال	شاخص صحت کاپا خوارزمیک حداکثر احتمال	صحت کلی خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان	شاخص صحت کاپا خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان
۱۲۳۴۵۶۷۸۹	۷۴/۲۵	۷۱/۱۳	۷۲/۸۳	۶۸/۵۵
۱۲۳۴۵۶۷۸۹،۱۰	۷۹/۰۲	۷۶/۳۷	۷۹/۸۰	۷۶/۵۸
۱۲۳۴۵۶۷۸۹،۱۱	۷۸/۵۳	۷۵/۷۹	۷۸/۲۳	۷۴/۷۰
۱۲۳۴۵۶۷۸۹،۱۲	۷۸/۳۸	۷۵/۶۲	۷۷/۱۵	۷۳/۴۷
۱۲۳۴۵۶۷۸۹،۱۳	۷۸/۰۳	۷۵/۲۵	۷۸/۷۲	۷۵/۳۵
۱۲۳۴۵۶۷۸۹،۱۴	۸۳/۱۰	۸۰/۸۷	۷۹/۶۶	۷۶/۴۲
۱۲۳۴۵۶۷۸۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴	۸۴/۹۶	۸۲/۹۰	۸۵/۳۱	۸۳/۰۴
۱۰،۱۱،۱۲،۱۳،۱۴	۶۱/۹۲	۵۷/۹۹	۶۶/۱۹	۶۰/۳۵

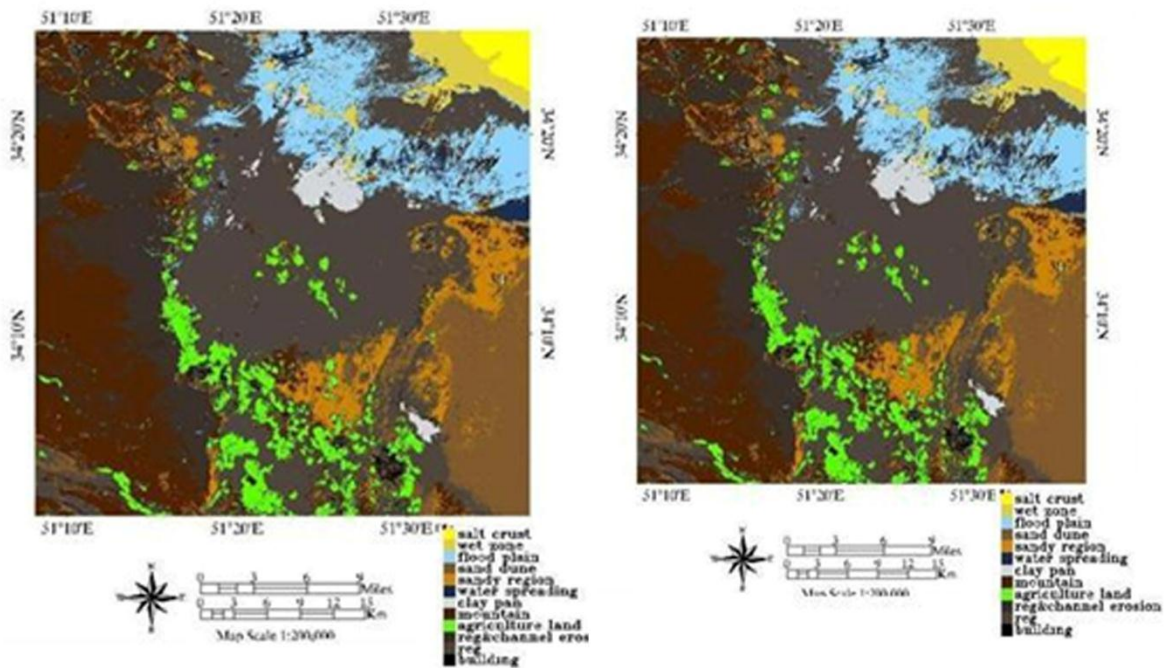
۷۱ درصد در حداکثر احتمال کاهش می‌یابد که موید تاثیر ۱۵ و ۱۲ درصدی مجموع باندهای حرارتی در افزایش صحت کاپا می‌باشد (شکل ۴). در بین مجموع پنج باند حرارتی در خوارزمیک حداکثر احتمال، بیشترین تأثیر در افزایش صحت شاخص کاپا را باند ۱۴ حرارتی (بین ۸ الی ۱۰ درصد) و در خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان باندهای ۱۰ و ۱۴ (۷ درصد) دارا بودند به‌گونه‌ای که نقش هر یک در افزایش صحت کاپا ۷ درصد بوده است. با اضافه شدن هر یک از این باندها به باندهای طیفی، صحت کاپا از ۶۸ درصد به ۷۶ درصد افزایش یافته است در حالی که این مقدار با اضافه شدن باندهای ۱۳، ۱۲ و ۱۱ به ترتیب برابر با ۷۵، ۷۳ و ۷۴ درصد بوده است.

به‌طور کلی هر دو خوارزمیک از حداقل صحت قابل قبول برخوردار می‌باشند ولی خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان در کل نتایج بهتری را نسبت به حداکثر احتمال تولید می‌کند. استفاده از تمامی باندهای طیفی و حرارتی (مجموع ۱۴ باند) بالاترین صحت کاپا را برای هر دو خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان (۸۳/۰۴) و حداکثر احتمال (۸۲/۹۰) دارا بود. در صورت حذف باندهای طیفی و به‌کارگیری باندهای حرارتی صحت کاپای ۶۰ درصد در خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان و ۵۸ درصد در حداکثر احتمال به‌دست می‌آید که موید نقش ۲۳ و ۲۵ درصدی باندهای طیفی در افزایش صحت می‌باشد. در حالی که در صورت حذف باندهای حرارتی (باند ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴) از طبقه‌بندی، شاخص صحت کاپا از ۸۳ درصد به ۶۸ درصد در خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان و از ۸۳ درصد به



نقشه پوشش اراضی سنجنده ASTER حاصل از الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال با حضور تمام باندها

نقشه پوشش اراضی سنجنده ASTER حاصل از الگوریتم طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان با حضور تمام باندها



نقشه پوشش اراضی سنجنده ASTER حاصل از الگوریتم طبقه بندی حداکثر احتمال بدون حضور باندهای حرارتی

نقشه پوشش اراضی سنجنده ASTER حاصل از الگوریتم طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان بدون حضور باندهای حرارتی

شکل ۴- نتایج طبقه بندی اراضی با خوارزمیک حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان. با حذف باندهای حرارتی به طور متوسط شاخص صحت کاپا ۱۵ درصد کاهش می یابد.

کننده می شوند. در حالیکه سایر باندهای حرارتی تأثیری ندارند. لازم به ذکر است که این باندها در افزایش صحت کاربر هیچ تأثیری ندارند. در مورد طبقه تپه های ماسه ای، باندهای حرارتی موجب افزایش حدود ۲/۵ تا ۷ درصدی

تجزیه و تحلیل صحت تولیدکننده و کاربر در خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان نشان داد که در مورد طبقه پوسته نمکی باند ۱۰ حرارتی تقریباً ۲ درصد و باند ۱۱ حرارتی ۳/۳ درصد موجب افزایش صحت تولید

ماسه ای موجب افزایش تقریباً ۳-۸/۵ درصدی، در طبقه کوهستان موجب افزایش تقریباً ۷-۱۳ درصدی و در طبقه دشت ریگی موجب افزایش تقریباً ۴-۱۱ درصدی که بیشترین افزایش در این سه طبقه مربوط به باند ۱۴ و در طبقه مناطق مسکونی موجب افزایش تقریباً ۱۲-۱۳ درصدی صحت تولیدکننده می‌شوند. باندهای حرارتی در افزایش صحت کاربر طبقه‌های تعلیمی پوسته نمکی، منطقه مرطوب، اراضی کشاورزی، کوهستان، پخش سیلاب (به‌غیر از باندهای ۱۱، ۱۰ و ۱۴ با تأثیر منفی)، اینسلیبرگ (به‌غیر از باند ۱۴ با تأثیر منفی) و دشت ریگی (به‌غیر از باندهای ۱۰ و ۱۴ با تأثیر منفی) بی‌تأثیر یا تأثیر اندک داشتند. باندهای حرارتی در طبقه دشت سیلابی به‌غیر از باندهای ۱۰ و ۱۴ که به ترتیب موجب افزایش تقریباً ۲۲ و ۱۱ درصد شده‌اند، تأثیر اندکی داشتند. باندهای حرارتی در طبقه تپه‌های ماسه‌ای موجب افزایش تقریباً ۷-۲/۵ درصدی، در طبقه شنزار موجب افزایش تقریباً ۱۱-۵ درصدی، در طبقه دشت ریگی همراه با فرسایش آبراهه‌ای موجب افزایش تقریباً ۲۷-۱۷ درصدی، در طبقه مناطق مسکونی موجب افزایش تقریباً ۳۳/۵-۲۰ درصدی صحت کاربر می‌شوند که بیشترین افزایش در این طبقه‌ها مربوط به باند ۱۴ می‌باشد. در کل بیشترین تداخل طیفی مربوط به طبقه اینسلیبرگ با کوهستان، طبقه اینسلیبرگ و دشت ریگی با کوهستان می‌باشد که دلیل آن را می‌توان تشابه طیفی این طبقه‌ها بیان کرد.

■ بحث و نتیجه‌گیری

داده‌های سنجنده ASTER با توان تفکیک مکانی بالا و توان تفکیک طیفی و رادیومتری چندگانه منجر به بهبود صحت طبقه‌بندی و تفکیک بهتر طبقات پوششی مناطق خشک و بیابانی از یکدیگر می‌شود. هردو خوارزمیک حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان مورد استفاده در این تحقیق، خوارزمیک‌های مناسبی برای تهیه نقشه پوشش اراضی بشمار می‌آیند که در صورت استفاده از باندهای حرارتی قابلیت طبقه‌بندی اراضی با صحت بالا را دارند. استفاده از رویکردهای مختلف در این پژوهش که به‌منظور بررسی قابلیت باندها صورت گرفت، نشان داد که

در صحت تولید کننده می‌شوند که زیادترین تأثیر مربوط به باند ۱۴ با ۷ درصد می‌باشد. ارزیابی صحت کاربر نشان داد که باندهای حرارتی موجب زیاد شدن حدود ۱۸-۱۲ درصدی می‌شوند که بیشترین تأثیر مربوط به باند ۱۴ با ۱۷/۸ درصد می‌باشد.

درمورد طبقه اراضی شنی باند ۱۴ حرارتی با ۲۰ درصد و باند ۱۱ حرارتی با ۱۸ درصد موجب افزایش صحت تولیدکننده می‌شوند و نقش سایر باندهای حرارتی در حدود ۱۰ درصد می‌باشد. باندهای حرارتی موجب افزایش حدود ۵/۵-۱۵ درصدی در صحت کاربر می‌شوند که بیشترین افزایش مربوط به باند ۱۴ با ۲۵/۵ درصد می‌باشد.

درمورد دشتهای سیلابی باند ۱۰ حرارتی با ۲۶ درصد و باند ۱۴ حرارتی با ۲۴/۴ درصد بیشترین افزایش صحت تولیدکننده را دارند. در افزایش صحت کاربر باند ۱۰ حرارتی با تقریباً ۶ درصد، باند ۱۴ بدون تغییر و سایر باندهای حرارتی موجب کاهش این صحت می‌شوند.

در مورد طبقه اینسلیبرگ باندهای حرارتی موجب افزایش تقریباً ۲۵ درصدی صحت تولیدکننده می‌شوند. در مورد صحت کاربر باندهای حرارتی موجب افزایش حدود ۱۲-۵ درصدی می‌شوند که زیادترین افزایش مربوط به باند ۱۱ با ۱۱/۸ درصد می‌باشد.

در طبقه مناطق مسکونی باند ۱۳، ۱۰ و ۱۴ حرارتی به‌ترتیب با ۲۳/۳ درصد، ۱۳/۳ درصد و ۲۰ درصد موجب افزایش صحت تولیدکننده می‌شوند در حالی که در مورد صحت کاربر این اثر منفی می‌باشد. همچنین تجزیه و تحلیل صحت تولید کننده و کاربر در خوارزمیک حداکثر احتمال نشان داد: باندهای حرارتی در طبقه‌های تعلیمی پوسته نمکی، منطقه مرطوب، اراضی کشاورزی، شنزار، پخش سیلاب، اینسلیبرگ (به‌غیر از باند ۱۴ با تأثیر تقریباً ۷ درصدی مثبت)، دشت ریگی همراه با فرسایش آبراهه‌ای (به‌غیر از باند ۱۴ با تأثیر تقریباً ۵ درصدی مثبت) بی‌تأثیر یا تأثیر اندکی داشتند. باندهای حرارتی در طبقه دشت رسی (به‌غیر از باند ۱۴) تأثیر منفی و در طبقه دشت سیلابی به‌غیر از باندهای ۱۰ و ۱۴ که به‌ترتیب موجب افزایش تقریباً ۱۸ و ۲۵ درصدی شده‌اند تأثیر نسبتاً اندکی داشتند. باندهای حرارتی در طبقه تپه‌های

به کارگیری کل باندهای سنجنده ASTER (۱۴ باند)، صحت زیادتاری ارائه می‌دهد و طبقه‌های آموزشی انتخاب شده را با دقت زیادتاری جدا می‌کند که به نظر می‌رسد دخالت همه اطلاعات طیفی و حرارتی عامل مهمی در افزایش صحت طبقه‌بندی باشد. باندهای حرارتی به دلایل مختلف از جمله قدرت تفکیک زمینی کمتر نسبت به باندهای انعکاسی در اغلب بررسی‌ها کنار گذاشته می‌شود. درحالی‌که استفاده توأم باندهای حرارتی با باندهای انعکاسی به ویژه در مناطق بیابانی می‌تواند به تفکیک بهتر طبقه‌ها کمک کند و موجب افزایش صحت طبقه‌بندی حداقل به مقدار ۱۰ درصد گردد. مقایسه صحت‌های به دست آمده از رویکردهای بدون باندهای حرارتی و رویکردهای شامل باندهای حرارتی همگی مؤید این مطلب است که باندهای حرارتی به عنوان مکمل باندهای انعکاسی بوده و منجر به تفکیک پذیری بهتر پدیده‌ها می‌گردد. نتایج نمودار همبستگی باندهای ASTER نشان می‌دهد، باندهای محدوده حرارتی دارای روند همبستگی معکوس با باندهای محدوده مرئی (VNIR) و مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) است، این همبستگی کم نشان‌دهنده اطلاعات به نسبت مفید در این باندها است. بررسی‌های انجام شده توسط متین فر و همکاران (۱۳۸۷)؛ علوی پناه و همکاران (۱۳۸۵)؛ جعفری و همکاران (۱۳۹۲) و Sothworth (۲۰۰۴) همگی این مطلب را تایید می‌نمایند.

در بین مجموعه باندهای حرارتی اضافه کردن باند ۱۰ و ۱۴ حرارتی در ماشین بردار پشتیبان و اضافه کردن باند ۱۴ حرارتی در خوارزمیک حداکثر احتمال به رویکردهای باندی سبب افزایش بیشترین صحت کاپا (به مقدار ۱۰-۸ درصدی) گردید که نشان‌دهنده نقش آن باندها در تفکیک طبقه‌ها می‌باشد. بیشترین افزایش صحت تولیدکننده و کاربر در بین رویکردهای شامل باندهای حرارتی مربوط به باند ۱۰ و ۱۴ حرارتی مخصوصاً باند ۱۴ حرارتی است که این افزایش در خوارزمیک ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌های دشت سیلابی، شنزار، اینسلبرگ و دشت ریگی همراه با فرسایش آبراه‌های و در خوارزمیک حداکثر احتمال در طبقه‌های دشت سیلابی و مناطق مسکونی می‌باشد. همچنین باندهای حرارتی در افزایش صحت تولیدکننده و کاربر در هر دو خوارزمیک به طور مشترک در طبقه‌های پوسته نمکی، منطقه مرطوب و اراضی کشاورزی بی‌تأثیر یا تأثیر اندک داشتند. صحت بالای طبقه‌بندی یک طبقه می‌تواند ناشی از ویژگی‌های طیفی متمایز یا قابلیت تفکیک‌پذیری طیفی آن در مقایسه با دیگر تیپ‌های پوشش باشد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که باندهای سنجنده ASTER به ویژه مجموعه باندهای حرارتی آن قابلیت بالایی در شناسایی و تفکیک پدیده‌ها به ویژه در مناطق بیابانی دارند.

■ منابع

- آرخی، ص.، و ادیب نژاد، م.، (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی خوارزمیک‌های ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ لندست (مطالعه موردی حوزه‌ی سد ایلام)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۸(۳): ۴۲۰-۴۴۰.
- احسانی، ا. (۱۳۸۹). بررسی ویژگی‌های طیفی و حرارتی اراضی حاشیه پلایا با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره لندست ETM^+ (مطالعه موردی: پلایای چچام). کاربرد GIS RS در برنامه ریزی، ۱(۱): ۵۱-۵۸.
- احمدی، ث. (۱۳۸۴). بررسی قابلیت سنجنده ASTER جهت تهیه نقشه تراکم جنگل‌های زاگرس. پایان نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- اکبری، ا.، نیرومند جدیدی، م.، صاحبی، م.، و قادری زاده، ه. (۱۳۹۰). ارزیابی دقت طبقه‌بندی کننده‌های بیشترین شباهت و ماشین بردار پشتیبان (مطالعه موردی: استخراج تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز طالقان). همایش ژئوماتیک ۹۰، تهران، سازمان نقشه برداری کشور.

۵. انیسی، ب. (۱۳۸۱). نگاهی کوتاه به مشخصات و ویژگیهای تصاویر سنجنده *ASTER, MODIS*، نقشه برداری، ۱۳(۹): ۱۷-۱۹.
۶. جعفری، م. (۱۳۸۸). بررسی روند بیابانزدایی در منطقه کاشان، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی گرایش مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۷. جعفری، م.، زهتابیان، غ.، و احسانی، ا. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر باند حرارتی و الگوریتمهای طبقه‌بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی (مطالعه موردی: کاشان)، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۰(۱): ۷۲-۸۷.
۸. درویش صفت، ع.ا. و شتابی، ش. (۱۳۷۶). تهیه نقشه جنگل به کمک داده‌های لندست تی ام به روش رقومی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۰(۲): ۳۵-۴۰.
۹. زاهدی فرد، ن. (۱۳۸۱). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه آبخیز بازیافت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
۱۰. راهداری، و.، س.، ملکی نجف آبادی، و رهنما، م. (۱۳۸۸)، مقایسه روش‌های طبقه‌بندی تصاویر ماهواره (نظارت شده و نظارت نشده) در تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: پناهگاه حیات وحش موته). همایش ملی ژئوماتیک ۸۸، سازمان نقشه برداری تهران.
۱۱. علوی پناه، س. (۱۳۸۹). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم
۱۲. علوی پناه، س.، احسانی، ا.، متین فر، ح.، رفیعی امام، ع.، امیری، ر.، (۱۳۸۵). مقایسه محتوای اطلاعاتی باندهای سنجنده‌های *ETM+* و *TM* در محیط‌های بیابانی و شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۸(۵۶): ۴۷-۶۴.
۱۳. علوی پناه، س. (۱۳۸۷). سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۴. فاضلی، ع.، سفیانیان، ع.، و ضیائی، ح. (۱۳۸۷). ارزیابی قابلیت مدل *V-I-S* برای تهیه نقشه کاربری اراضی شهری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای *ASTER* (مطالعه موردی: شهر اصفهان)، همایش ژئوماتیک ۸۷، تهران، سازمان نقشه برداری
۱۵. کشتکار، ح. (۱۳۸۶).، بررسی قابلیت سنجنده *LISS-III* ماهواره *IRS-ID* جهت تهیه نقشه پوشش زمین (مطالعه موردی منطقه حفاظت شده قرخود - خراسان شمالی)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۱۶. متین فر، ح. (۱۳۸۵). بررسی داده‌های سنجنده‌های *ASTER, LISS-III, MSS, TM* و *ETM+* به منظور شناسایی خاکها براساس مطالعات میدانی به کمک *GIS* در منطقه کاشان، تز دکتری، دانشکده خاکشناسی، دانشگاه تهران.
۱۷. متین فر، ح.، علوی پناه، س.، و سرمیدیان، ف. (۱۳۸۷). مطالعه تفکیک‌پذیری خاک‌های مناطق خشک با استفاده از داده‌های سنجنده *ASTER* در منطقه آران - بیدگل اصفهان، فصلنامه زمین شناسی ایران، ۲(۵): ۶۷-۸۱.
18. Apan, A., Jensen, T., Kelly, R., Strong, W., Butler, D., & Basnet, B. (2002). *Spectral Discrimination and Separability Analysis of Agricultural Crops, Soil Types, and Related Land Cover Using ASTER Imagery, Proceedings of the 11th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, Brisbane, 2-6 September 2002, pp. 396-411*
19. Ehsani, A. H., & Quiel, F. (2010). *Efficiency of Landsat ETM+ Thermal Band for Land Cover Classification of the Biosphere Reserve "Eastern Carpathians" (Central Europe) Using SMAP and ML Algorithms, International Journal of Environmental Research, 4(4), 741-750.*
20. Hsu, C.W., Chang, C.C. & Lin, C.J. (2008). *A practical guide to support vector classification. http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/papers/gui_de/guide.pdf.*
21. Huang, C., Davis, L. S., & Townshend, J. R. G. (2002). *An assessment of support vector machines for land cover classification, Int. J. Remote Sens, 23(4), 725-749.*
22. Jensen, J. (2005). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective(3rd edition)NJ:*

Prentice Hall., 526 PP

23. Kavzoglu, T., & Colkesen I. (2009). A kernel functions analysis for support vector machines for landcover classification, *Int. J. Appl. Earth Obs.*, 11, 352–359.
24. Keuchel, J., Naumann, S., Heiler, M., & Siegmund, A. (2003). Automatic land cover analysis for Tenerife by supervised classification using remotely sensed data, *Remote Sens. Environ.*, 86, 53–541.
25. Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Kozak, J., & Horstert, P. (2009). Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images, *Remote Sens. Environ.*, 113, 957–964.
26. Liu, X.H., Skidmore, A.K. & Oosten, H.V. (2002). Integration of Classification Methods for Improvement of Land-cover Map Accuracy, *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 56, 257-268.
27. Petropoulos, G. P., Kontoes, C., Keramitsoglou, I., (2011). Burnt area delineation from a uni-temporal perspective based on Landsat TM imagery classification using Support Vector Machines, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13, 70–80.
28. Southworth, J., (2004). An assessment of Landsat TM band 6 thermal data for analyzing land cover in tropical dry forest region, *International Journal of remote sensing*, 25(4), 689–706.
29. Vapnik, V., (1998), *Statistical Learning Theory*, Wiley, New York.
30. Vapnik, V., & Chervonenkis, A., (1991). The necessary and sufficient conditions for consistency in the empirical risk minimization method, *Pattern Recognition and Image Analysis*, 1(3), 283-305.

Assessment of ASTER Thermal Bands Capabilities in Enhancing Accuracy of Support Vector Machine and Maximum Likelihood Classification Algorithms in Arid Regions

A.H. Ehsani^{1*}, S. Shahbazi²

1. Associate Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

2. Senior Expert in Natural Resources Management, Tehran, Iran

* Corresponding Author, Email: ehsani@ut.ac.ir

Received date: 02/09/2015

Accepted date: 12/05/2016

Abstract

Data recorded in the thermal band satellites, are commonly used in the thermal characteristics of different phenomena, especially in desert areas. Classification is one of the most important steps in the use of satellite imagery. In this study, using ASTER data TERRA satellite on 22 August 2001, East and North East Kashan Salt Lake, were studied to find the role of quantity bands of this sensor to increase the resolution accuracy of phenomena in the maximum likelihood (MLK) and support vector machine (SVM). For this purpose, after the initial radiometric and geometric corrections, eight approaches were chosen with different band combinations step by step in order to investigate the quantitative role of each band to increase the classification accuracy and then the classification accuracy using Kappa index, user and producer accuracy were evaluated. The classification algorithm results showed that the support vector machine algorithm rather than maximum likelihood algorithm has slightly better results. Generally, the use of all spectral and thermal bands (14 bands) had a highest accuracy for both Kappa support vector machine algorithm (83.04) and maximum likelihood (90.82). While the Kappa accuracy by 15% in both algorithm with elimination of all thermal bands (bands 10, 11, 13.12 and 14) was reduced. The maximum likelihood algorithm had the greatest impact on increasing the accuracy of Kappa index bands of thermal 14 (between 8 to 10 percent) and in the support vector machine algorithm bands of 10 and 14 (7%). Finally, it was proven that ASTER sensor due to wide spectrum range in the wavelengths of thermal infrared has very high potential in increasing accuracy coefficient of classification Kappa.

Keywords: Desert Area, ASTER, SVM, ML, Thermal Bands.