

شناسایی و تفکیک پوشش‌های زمین با استفاده از تلفیق تصاویر اپتیک و رادار

مصطفی کابلی‌زاده^{۱*}، سجاد زارعی^۱، رحمان خنافره^۲

۱. استادیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

Commented [1d]: با مراجعه به راهنمای نویسندگان اندازه
فونتها را بررسی نمایید
<https://sanad.iau.ir/Journal/girs/Page/authors>

Formatted: Complex Script Font: B Lotus

Formatted: Space Before: 0 pt, After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: m.kabolizade@scu.ac.ir

Commented [2d]: زیرنویس شود

چکیده

طبقه‌بندی و تفکیک پوشش زمین از مهم‌ترین کاربردهای سنجش از دور می‌باشد. برای انجام طبقه‌بندی، داده‌های ماهواره‌ای چندطیفی ابزاری کارآمد می‌باشند، اما متأسفانه در برخی از شرایط، مانند آب و هوای ابری در دسترس نیستند. همچنین اکثر الگوریتم‌های طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور بر اساس ویژگی‌ها و اطلاعات طیفی پیکسل‌ها عمل می‌کنند که این مسئله باعث نادیده گرفتن اطلاعات مکانی مفید قابل استخراج از تصاویر، از جمله: بافت تصاویر می‌شود. استفاده همزمان از بافت و اطلاعات طیفی می‌تواند به آن کمتر پرداخته شده است. بنابراین با در نظر گرفتن این ایده جهت انتخاب ویژگی‌های بهینه برای تهیه نقشه پوشش‌های زمین از دو روش استفاده شد. روش اول بازتاب نرمال شده عوارض با توجه به ویژگی‌های استخراج شده و روش دوم اعمال شاخص ضریب بهینه (Optimum Index Factor) بروی ویژگی‌های بافتی و طیفی استخراج شده می‌باشد. به این منظور فرآیند طبقه‌بندی با استفاده از روش ماشین بردار (Support Vector Machine)، بروی تصویر راداری سنتینل-۱ و تصویر چندطیفی سنتینل-۲، ویژگی‌های بهینه انتخاب شده با دو روش ترکیب باندهای تصویر با ویژگی‌های بهینه انتخاب شده با دو روش و در آخر با تلفیق بهترین ترکیب باندهای رادار و اپتیک انجام گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده، طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های طیفی دقت بالاتری نسبت به طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های بافت دارد. با تلفیق ویژگی‌های اپتیک و رادار و بدست آمدن مقادیر ۹۷/۰۷ درصد برای دقت کلی و ۰/۹۶ برای ضریب کاپا دقت طبقه بندی تا حد زیادی بهبود داده شد. این تحقیق نشان داد که با انتخاب ویژگی‌های بهینه و تلفیق داده‌های طیفی و راداری می‌توان از ویژگی‌های متفاوت هر یک از داده‌ها استفاده کرد و به نتایج بهتری رسید. همچنین تلفیق ویژگی بافتی از تصویر راداری و ویژگی طیفی از تصویر اپتیک می‌تواند تاثیر بسیار خوبی در بهبود نتایج طبقه‌بندی پوشش زمین داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های بافتی، پوشش‌های زمین در محیط‌های شهری، طبقه‌بندی، روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)، انتخاب ویژگی.

مقدمه

مروزه داده‌های ماهواره‌ای در **سنجش‌ازدور** به‌طور گسترده‌ای **مورد استفاده** قرار می‌گیرند. شناسایی پدیده‌ها در حوزه مدیریت توسعه شهری، منابع طبیعی و **زیست‌محیطی** از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تهیه نقشه صحیح و دقیق از کاربری اراضی و استفاده از روش مناسب و به‌روز به موضوعی بسیار مهم **تبدیل شده** است. **در گذشته** روش‌های معمول برداشت زمینی، به لحاظ زمانی، هزینه و نیروی انسانی **مقرون‌به‌صرفه نبودند** (۱۲). اما با ظهور فناوری **سنجش‌ازدور** ضمن آنکه سختی‌های بازدید صحرایی را به کمترین سطح کاهش داده است، توانسته به‌واسطه پوشش گسترده ماهواره‌ها، یک نمای جامع و دقیق از سایت‌های مطالعاتی را برای کاربران فراهم سازد که تمامی این موارد **در نهایت** منجر به کاستن هزینه‌ی پژوهش شده است (۱۳). همچنین با استفاده از **تکنیک‌های سنجش‌ازدور** شناسایی و تهیه نقشه کاربری اراضی در زمان کمتری انجام می‌شود. ماهواره‌های **سنجش‌ازدور** مجموعه داده‌هایی با ویژگی‌های طیفی و مکانی گوناگون را از سطح زمین برداشت می‌کنند که هر یک از آن‌ها توانایی بازسازی قسمتی از خصوصیات پدیده‌ها را دارند (۱۴). در مواردی مشاهده می‌شود که مجموعه داده‌ی حاصل از یک سنجنده خاص **به تنهایی** برای مطالعه‌ی هدف و **پدیده مورد نظر** کافی نیست. **به منظور** دریافت انرژی بیشتر و جلوگیری از کاهش نسبت سیگنال به نویز، تصاویر چندطیفی با دقت طیفی بالا، دارای دقت مکانی پایینی هستند و تصاویر دارای دقت مکانی بالا، گستره طیفی **وسیع تری** دارند (۳۲). با کمک تلفیق تصاویر، **به دست** آوردن تصویری با دقت مکانی بالا و اطلاعات طیفی مناسب **امکان‌پذیر** است (۴۵). منظور از تلفیق تصاویر ماهواره‌ای، آمیختن مجموعه داده‌های مختلف جهت بالا بردن و اخذ میزان اطلاعات بیشتر نسبت به کاربرد یک مجموعه داده‌ی منفرد **است؛ به‌طور کلی** این عملیات در سه سطح متفاوت شامل تلفیق در سطح پیکسل، تلفیق در سطح ویژگی و تلفیق در سطح تصمیم‌گیری صورت می‌پذیرد (۲۸). تلفیق در سطح پیکسل ساده و **در عین حال** پرکاربردترین تکنیک تلفیق تصاویر می‌باشد که با هدف افزایش کیفیت تصویر جهت تفسیر چشمی (بصری) **مورد استفاده** قرار می‌گیرد (۲۷). برای تلفیق تصاویر در سطح پیکسل روش‌های مختلفی ارائه شده است که پرکاربردترین آن‌ها **عبارت‌اند** از: تکنیک Brovey، تلفیق تصاویر به کمک تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تلفیق در فضای HIS. تلفیق در سطح ویژگی؛ و ویژگی‌های مختلف تصویر را مانند پارامترهای بافت، خطوط، لبه‌ها را از منابع مختلف داده استخراج کرده که در نهایت از این پارامترهای استخراج شده به‌عنوان داده اصلی در پردازش‌های بعدی استفاده کند، اما تلفیق در سطح تصمیم‌گیری نتایج الگوریتم‌های مربوط به منابع چندگانه را ترکیب می‌کند تا به تصمیم‌گیری نهایی برسد (۳۳). داده‌های اپتیک از حد تفکیک رادئومتریکی مناسبی برخوردار می‌باشند که آن‌ها را جهت تهیه نقشه **کاربری اراضی**، نقشه تغییرات، شناسایی اهداف و کاربردهای متنوع دیگر مناسب می‌سازد. (۲۹). اما **این چنین** داده‌هایی **به میزان** زیادی از فاکتورهای محیطی همچون ابرناکی، مه‌آلودگی، **گردوغبار** و میزان تشعشع خورشیدی تأثیر می‌پذیرند. داده‌های رادار برخلاف داده‌های اپتیک، توانایی برداشت در تمامی شرایط آب و هوایی را دارند. این نوع داده‌ها قابلیت آن را دارند که اطلاعات بالارزشی از بافت و ساختمان پدیده‌ها ارائه دهند این داده‌ها به فاکتورهایی همچون هندسه، جهت‌گیری، میزان زبری و مقدار رطوبت عوارض روی زمین حساسیت دارند (۲۶). از طرفی استفاده صرف از این نوع داده‌ها در کاربردهای شهری، طبقه‌بندی، تفسیری و ... کارایی مطلوبی ندارند. وجود نویز و عدم آشکارسازی مناسب لبه‌ها **از جمله** ضعف‌های موجود در این نوع **داده‌ها است** (۴۱). استفاده از ویژگی‌های تصاویر اپتیک و راداری با توجه به مزیت‌های هر یک از این طیف‌ها و اینکه منحنی رفتار طیفی جسم در هر یک از محدوده طیف الکترومغناطیس متفاوت است صورت می‌گیرد. هر طیف حاوی اطلاعاتی از رفتار جسم نسبت به انرژی الکترومغناطیس **است** که می‌تواند در تفکیک هر **چه بهتر** پوشش‌های زمین نقش بسزایی داشته باشد (۳۴).

آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف **به‌عنوان** پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد. کاربری اراضی می‌تواند **به‌عنوان** مفهومی ترکیبی **از نظر** فیزیکی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و اطلاعاتی از هر کشوری **مورد توجه** قرار گیرد. در حقیقت بررسی پوشش‌های زمین و کاربری اراضی **دربرگیرنده** روش استفاده از سطح زمین برای نیازهای مختلف انسانی می‌باشند. با توجه به اینکه آگاهی از الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن در طول زمان **پیش‌نیازی** برای استفاده مطلوب از سرمایه ملی است، **از این رو** استخراج نقشه‌های پوشش زمین و کاربری اراضی **به‌عنوان مهم‌ترین** هدف در مدیریت پایگاه منابع طبیعی

Commented [2d]: مقدمه به خوبی زمینه‌سازی لازم را برای معرفی موضوع، اهمیت و هدف پژوهش فراهم کرده است. پیشنهادات:

منابع استفاده شده برای مقدمه را جدید‌تر سال اخیر هم دیده شود.
تعریف اصطلاحات کلیدی مانند تلفیق و طبقه‌بندی را ارائه دهید.

روش‌های تلفیق مورد استفاده در پژوهش‌ها را ذکر کنید. مبر روی هدف و اهمیت پژوهش حاضر تمرکز کنید. با توضیح اصطلاحات و سازماندهی محتوا مقدمه بهتر خواهد بود

متن اصلی **Commented [4d]:**
دو ستونه با تورفتگی نیم سانت پاراگراف بندی شود

Deleted: سنجش از دور... به‌طور به‌طور... گسترده‌ای مورد استفاده مورد استفاده... قرار می‌گیرند. شناسایی پدیده‌ها در حوزه مدیریت توسعه شهری، منابع طبیعی و زیست‌محیطی زیست‌محیطی

اصلاح انواع خط‌های نگارشی با نرم افزار **Commented [5d]:**
ویراستار انجام گیرد
<https://virastyar.ir/>

Deleted: تبدیل شده... است. درگذشته در گذشته... روش‌های معمول برداشت زمینی، به لحاظ زمانی، هزینه و نیروی انسانی مقرون‌به‌صرفه مقرون به صرفه... نبودند (۱۲). اما با ظهور فناوری سنجش‌ازدور سنجش از دور... ضمن آنکه سختی‌های بازدید صحرایی را به کمترین سطح کاهش داده است، توانسته به‌واسطه پوشش گسترده ماهواره‌ها، یک نمای جامع و دقیق از سایت‌های مطالعاتی را برای کاربران فراهم سازد که تمامی این موارد در نهایت در نهایت... منجر به کاستن هزینه‌ی پژوهش شده است (۱۳).

همچنین با استفاده از تکنیک‌های اپتیک های... سنجش‌ازدور سنجش از دور... شناسایی و تهیه نقشه کاربری اراضی در زمان کمتری انجام می‌شود. ماهواره‌های سنجش‌ازدور سنجش از دور... مجموعه داده‌هایی با ویژگی‌های طیفی و مکانی گوناگون را از سطح زمین برداشت

Deleted: به عنوان... پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد. کاربری اراضی می‌تواند به‌عنوان عنوان... مفهومی ترکیبی از نظر از نظر... فیزیکی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و اطلاعاتی از هر کشوری مورد توجه مورد توجه... قرار گیرد. در حقیقت بررسی پوشش‌های زمین و

می‌توانند مورد توجه قرار گیرد. آگاهی از کاربری اراضی و پوشش سطح زمین شرطی اساسی در نحوه مدیریت سرمایه‌های طبیعی منطقه می‌باشد. یکی از روش‌های مؤثر در شناسایی و پایش پوشش منطقه، استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای است. در رابطه با تلفیق تصاویر رادار و اپتیک مطالعات بسیاری در داخل و خارج از ایران انجام شده است که در ادامه به برخی از مهم‌ترین این مطالعات اشاره می‌شود. ملک نژاد یزدی و همکاران (۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی بهبود دقت طبقه‌بندی با استفاده از ادغام تصویر تک باند ALI با تصاویر ابرطیفی Hyperion پرداختند. براساس یافته‌ها این تحقیق، افزودن بافت به طیف تصویر ادغامی به روش CNT دقت طبقه‌بندی را به مراتب افزایش داد. محمدنژاد نیازی (۲۳) روشی جهت ادغام تصاویر چندطیفی و پانکروماتیک مبتنی بر مناطق بهبودیافته پیشنهاد نمود در این فرآیند، باند سبز به وسیله ترکیبی از باند قرمز و NIR بهبود داده شد. آنالیزهای بصری و آماری حاکی از این مطلب بود که روش مورد بحث در این مطالعه توانسته است کیفیت تصویر ادغام شده را نسبت به خروجی روش‌های مرسوم بهبود دهد. در پژوهش تیموری و همکاران (۳۷) به منظور شناسایی ساختمان در مناطق شهری از تلفیق ویژگی‌های تصاویر نوری و راداری در شبکه عصبی استفاده نمودند به این منظور ابتدا سه مجموعه داده به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس ویژگی‌های ترکیب مختلف با یکدیگر تلفیق داده شد، که نتایج تلفیق بیش از ۱۰ درصد افزایش ضریب کاپا را نشان می‌دهد. شاکریاری و همکاران (۳۵) در پژوهشی به مقایسه الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای پرداختند. نتایج نشان دادند که روش آرت‌مپ فازی بیشترین میزان دقت را با صحت کلی ۹۴/۶۸ و ضریب کاپای ۰/۹۱ نسبت به دو روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با صحت کلی ۹۲/۹۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۹ و ماشین بردار پشتیبان با صحت کلی ۹۰/۹۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۵ در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای دارد. کابلی‌زاده و همکاران (۱۷) در تحقیقی با هدف بررسی کارایی ادغام تصاویر ماهواره‌ای مربوط به لندست-۸ و سنتینل-۲ در پایش محیطی شهر اهواز، روش‌های CN.Gram Schmidt، Brovey، DWT، SFLM، Multiplication را مورد استفاده قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند روش‌های DWT و Brovey به ترتیب بهترین روش‌ها از لحاظ حفظ اطلاعات طیفی و مکانی می‌باشد. اصغری سراسکانرود و همکاران (۳۶) در پژوهشی به مقایسه الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌گرا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که از بین روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه مورد استفاده در این مطالعه، روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال و روش حداقل فاصله میانگین با ضریب کاپای به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۸۵ از دقت قابل قبولی برخوردار هستند. همچنین مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی پیکسل پایه و شی‌گرا نشان داد که روش شی‌گرا با اعمال پارامترهای مؤثر در طبقه‌بندی و توسعه قوانین جهت اطلاع طبقه‌بندی اولیه شی‌گرا با ضریب کاپای ۰/۹۵ از نظر دقت در استخراج نقشه کاربری اراضی از روش‌های پیکسل پایه از اولویت برخوردار است. کیم (۱۹) در پژوهشی به طبقه‌بندی کاربری زمین و تجزیه و تحلیل تغییر کاربری زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در جزیره لومبوک، اندونزی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و سنتینل-۱ پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در حالتی که تصاویر اپتیک با رادار تلفیق می‌شود طبقه‌بندی دارای دقت بالاتری می‌باشد. کلریسی و همکاران (۲) از تلفیق تصویر راداری سنتینل-۱ و تصویر نوری سنتینل-۲ برای طبقه‌بندی پوشش زمین استفاده کرده‌اند. در این مطالعه از الگوریتم‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان، نزدیکترین همسایگی و جنگل‌های تصادفی استفاده شده است. در نهایت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان بهترین دقت کلی طبقه‌بندی را با ۸۸/۷۵ درصد داشت.

هاس و همکاران (۷) پتانسیل استفاده از تلفیق تصویر راداری سنتینل-۱ و تصویر نوری سنتینل-۲ برای طبقه‌بندی پوشش شهری را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه تعداد ۱۲ کلاس در نظر گرفتند و از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی استفاده شده است. که دقت نهایی بدست آمده در این مطالعه ۸۰ درصد بوده است. رنگزن و همکاران (۳۱) در مطالعه خود با عنوان نظارت متقابل همپوشی را برای بهبود قابلیت تصاویر حرارتی، راداری و اپتیک برای طبقه‌بندی ارائه دادند. روش به کار رفته در این تحقیق بخوبی توانسته است در طبقه‌بندی، چهار کلاس سکونتگاه‌ها، زمین‌های بایر، رودخانه و ساحل رودخانه از یکدیگر جدا کرده همچنین به این نتیجه رسیدند که محاسبه LST با استفاده از داده‌های حرارتی تأثیرات مثبتی در بهبود نتایج طبقه‌بندی داشته است.

توابه و فن‌تاهوم (۳۸) با هدف تهیه نقشه کاربری اراضی و شناسایی تغییرات پوشش زمین در حوضه دریاچه تانا، شمال غربی اتیوپی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های پردازش تصویر در باز زمانی ۳۲ ساله پرداختند. در این پژوهش طبقه‌بندی با استفاده از

Deleted: مورد توجه

Deleted: مؤثر

Deleted: بدست آمده

Deleted: مهم‌ترین

Deleted: ابر طیفی

Deleted: بر اساس

Deleted: به مراتب

Deleted: چند طیفی

Deleted: بر مناطق

Deleted: به وسیله

Deleted: مورد بحث

Deleted: ادغام شده

Deleted: به منظور

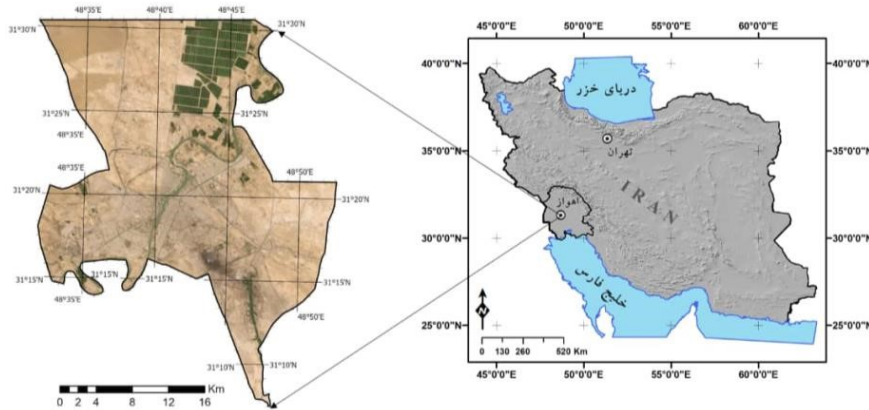
Deleted: بصورت

Deleted: الگوریتم های

شش طبقه پوشش زمین (آب، بوته زار، مرتع، جنگل، زراعی و مسکونی) انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در دوره ۳۲ ساله اخیر، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی به ترتیب ۱۵/۶۱ درصد و ۸/۰۵ درصد افزایش معنی داری در حوضه داشته‌اند. مطالعه حاضر با هدف تفکیک پوشش اراضی در شهرستان اهواز انجام شد. با توجه به این نکته که اکثر الگوریتم‌های طبقه‌بندی داده‌های سنجنش از دور بر اساس ویژگی‌ها و اطلاعات طیفی پیکسل‌ها عمل می‌کنند و این مسئله باعث نادیده گرفتن اطلاعات مکانی مفید قابل استخراج از تصاویر، از جمله: بافت تصاویر می‌شود. استفاده همزمان از بافت و اطلاعات طیفی مبحثی است که به آن کمتر پرداخته شده است. بنابراین با در نظر گرفتن این ایده پژوهش حاضر با هدف انتخاب بهترین ترکیب ویژگی‌های طیفی و بافتی جهت بهبود دقت طبقه‌بندی پوشش زمین انجام شد.

مواد و روش‌ها

با توجه به موقعیت و شرایط خاص اقلیمی شهرستان اهواز و نیز نوع استفاده از زمین در این شهرستان، به عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد. شهرستان اهواز با مساحت ۸۲۱۲ کیلومتر مربع بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱). شهرستان اهواز به عنوان مرکز استان خوزستان از سمت شمال به شهرستان‌های شوش و باوی، از غرب به شهرستان دشت آزادگان و از سمت جنوب به شهرستان‌های کارون، شادگان و ماهشهر و از سمت مشرق به شهرستان‌های رامشیر، رامهرمز و هفتگل محدود می‌شود. شهرستان اهواز طبق آخرین تقسیمات کشوری دارای سه بخش مرکزی، اسماعیله، غیزانیه می‌باشد در این پژوهش منطقه مورد مطالعه قسمت اعظم بخش مرکزی این شهرستان را شامل می‌شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.
Fig 1. Geographical location of study area.

داده‌های مورد استفاده

داده‌های استفاده شده در این تحقیق شامل تصاویر ماهواره سنتینل-۱ مربوط به تاریخ ۱۸ خرداد ۱۴۰۰ و سنتینل-۲ مربوط به تاریخ ۱۹ خرداد ۱۴۰۰ می‌باشد. قدرت تفکیک تصاویر سنتینل-۱ از ۵ متر تا ۴۰ متر و عرض آن از ۲۰ کیلومتر تا ۴۰۰ کیلومتر بسته به حالت تصویر برداری آن متفاوت است. سنجنده سنتینل-۱ در چهار حالت *Interferometric Wide Swath*, *Stripmap (SM)*, *Extra Wideswath (EW)* و *Wave Mode (WM)* تصویر برداری می‌کند. عرض تصویر برداری و قدرت تفکیک مکانی تصویر با توجه به هر حالت متفاوت است. در این تحقیق، هدف مورد نظر کاربری پوشش است بنابراین از حالت تصویر برداری *IW* و فرمت تصویر برداری *GRD* (سطح یک استفاده شد).

Commented [۱۵]: اد و روش‌ها به خوبی تشریح شده است. پیشنهادات:

منبع داده‌ها با تاریخ اخذ نرم‌افزارها را مشخص کنید. متعریف اصطلاحات GLCM، SVM، IDW بدهید. جزئیات الگوریتم‌ها را بیان کنید. موقعیت نمونه‌های حقایق زمینی را در نقشه نشان دهید. محدودیت‌ها را اشاره نمایید. توضیح اصطلاحات و جزئیات الگوریتم‌ها می‌تواند بهبود یابد

Deleted: منطقه مورد مطالعه

Deleted: عرض

Deleted: طول

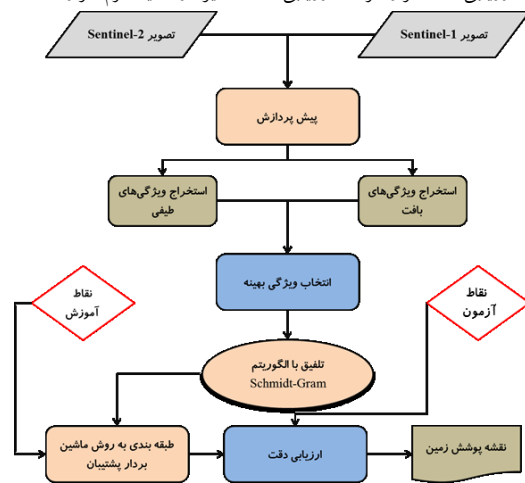
Commented [۷]:

شکل فاقد کیفیت است نقشه‌ها خوانا بزرگ و با کیفیت (هر نقشه با حداقل اندازه ۱۰×۱۳ سانتی‌متر) با داشتن جهت شمال، اعداد گراتیکول در حاشیه و اعداد مقیاس و راهنمای نقشه ارخوانا و با کیفیت و با نوشته‌ها فونت فارسی Blotus بر اساس شکل در راهنمای نویسندگان ارائه گردد. این مورد برای تمام نقشه‌ها صدق می‌کند

سنتینل-۲ شامل دو ماهواره دو قلو با نام های Sentinel-2A و Sentinel-2B بوده و با وجود عمر مفید ۲/۷ سال، می تواند ۵ سال بیشتر هم مورد استفاده قرار گیرند. Sentinel-2A و Sentinel-2B در مداری یکسان با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه نسبت به هم قرار دارند و به صورت قطبی (خورشید آهنگ) طراحی شده و دارای زاویه میل گرد ۹۸/۵۸ درجه می باشند. ماهواره سنتینل-۲ در ارتفاع ۷۸۶ کیلومتری سطح زمین قرار داشته با یک دوره ۱۰۰/۶ دقیقه ای (۱۴/۳ چرخش در روز)، در ساعت ۱۰:۳۰ به وقت محلی از استوا عبور می کند. این زمان منطبق با زمان عبور ماهواره SPOT و همچنین نزدیک به زمان عبور ماهواره لندست از استوا است (۶).

روش تحقیق

مراحل اصلی تحقیق حاضر در شکل (۲) آورده شده است. ابتدا پیش پردازش های لازم شامل تصحیح اتمسفری (تصویر سنتینل-۲) و تصحیحات رادیومتریک، کالیبراسیون، سطح زمین و تصحیح نویز اسپکل (تصویر سنتینل-۱) در محیط نرم افزار SNAP انجام شد. در مرحله دوم، از تصاویر مورد استفاده ویژگی های طیفی و بافتی استخراج و ویژگی های بهینه مشخص شدند و در مرحله سوم، با استفاده از الگوریتم Schmidt-Gram و ویژگی های بهینه در محیط نرم افزار ENVI 4.8 تلفیق شدند. در مرحله چهارم، با استفاده از روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان نقشه های مختلف پوشش زمین در محیط ENVI 4.8 تهیه شد. در نهایت در مرحله پنجم، هر کدام از نقشه های پوشش تهیه شده مورد ارزیابی دقت قرار گرفتند. ارزیابی نقشه ها نیز در محیط نرم افزار ENVI 4.8 انجام شد.



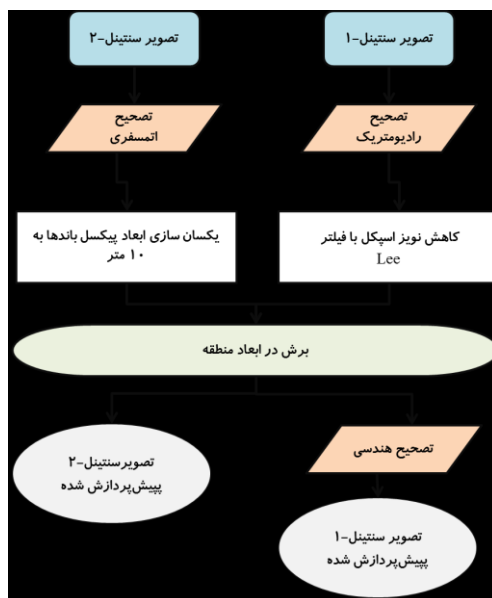
شکل ۲. مراحل اصلی روش تحقیق در این مطالعه.

Fig 2. The main steps of the research method in this study.

پیش پردازش

مهمترین مراحل پیش پردازشی که بر روی تصاویر سنتینل-۱ انجام شد عبارت است از کالیبراسیون سیگما صفر، فیلتر اسپکل، تصحیح اثر ناهمواری زمین و تبدیل به واحد dB می باشند. تصحیحات مداری تصاویر راداری باعث می شود که در فرآیند محاسبه اینترفرومتری، زمین مکانی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) موثر باشد (۸). از کالیبراسیون برای تبدیل میزان شدت به ضریب بازتاب سیگما نات استفاده می شود. به دلیل نحوه برداشت تصاویر SAR، در ارتفاعات خیلی بلند و زمین های شیب دار، انحرافات شدید هندسی وجود دارد. قبل از اینکه تصاویر SAR به منظور تولید نقشه های دقیق سطحی و نمایش تغییرات استفاده شوند، این انحرافات باید توسط فرایندی به نام تصحیحات زمینی تصحیح شوند (۲۱). اثر اسپکل همیشه در تصاویر راداری فعال و SAR وجود دارد و کیفیت این تصاویر را کاهش می دهد (۹). بنابراین، ضروری است به منظور افزایش کیفیت تصویر، اثر اسپکل در تصاویر راداری کاهش یابد. در تحقیق تصحیح اثر اسپکل در محیط نرم افزار SNAP و با استفاده از فیلتر لی سیگما با اندازه پنجره ۷ کاهش داده شد.

تصاویر سنتینل-۲ به صورت زمین مرجع شده ارائه می‌شوند و نیاز به تصحیح هندسی ندارند؛ اما جهت استفاده ابتدا باید تصحیحات اتمسفری روی آن اعمال گردد و از حالت بازتابش بالایی اتمسفر به بازتابش زیر اتمسفر تبدیل شوند. مراحل اصلی پیش‌پردازش تصاویر در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳. شماتیک مراحل پیش‌پردازش.
Fig 3. Schematic of pre-processing steps.

ماتریس شبکه رخداد (GLCM)^۱

یکی از روش‌های متداول استخراج ویژگی‌های بافت، استفاده از ماتریس شبکه رخداد تصاویر است. Haralick و همکاران در سال ۱۹۷۳ اولین بار ۱۴ ویژگی بافتی را براساس ماتریس شبکه رخداد تصاویر استخراج کردند و هر یک را به عنوان نماینده یک مشخصه معرفی کردند (۱). در آنالیزهای آماری بافت، ویژگی‌های بافتی از طریق توزیع‌های آماری ترکیبات مشاهده شده برای درجات خاکستری در یک موقعیت خاص در رابطه با یکدیگر محاسبه می‌شود. آماره‌های بافتی معمولاً به آماره‌های بافتی نوع اول، نوع دوم و مراتب بالاتر تقسیم‌بندی می‌شوند (۱۱). ماتریس رخداد همزمان روشی برای استخراج اطلاعات بافتی از نوع دوم می‌باشد. یک ماتریس شبکه رخداد ماتریسی است که تعداد سطرها و ستون‌های آن مساوی با تعداد سطوح درجات خاکستری موجود در تصویر مورد استفاده می‌باشد. یعنی اگر تعداد درجات خاکستری یک تصویر G تا باشد، آنگاه ابعاد ماتریس شبکه رخداد مورد نظر برابر با یک ماتریس $G \times G$ خواهد بود. عنصر ماتریسی $P(i, j | \Delta x, \Delta y)$ نشان دهنده تعداد تکرارهای رابطه بین دو پیکسل که به وسیله فاصله پیکسلی $(\Delta x, \Delta y)$ جدا سازی شده‌اند و بر اساس رابطه همسایگی تعریف شده که یکی از پیکسل‌ها دارای درجه i و دیگری دارای درجه خاکستری j می‌باشد، اتفاق می‌افتد (۲۵). آماره‌های بافت استخراج شده در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های بافت ماتریس شبکه رخداد (GLCM) (۸).

Table 1. Texture characteristics of the Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) (8).

توصیف	معادله	بافت
-------	--------	------

¹ Gray Level Co-Occurrence Matrix

میانگین، متوسط ارزش در روزنه محلی است. در اینجا میانگین برابر با میانگین ساده درجات خاکستری نیست.	$\mu_i = \sum_{j=0}^{N-1} (p_{ij})i$	میانگین (Mean)
همبستگی، اندازگیری وابستگی خطی سطح خاکستری در تصویر است. σ_i^2 و σ_j^2 واریانس ارزشها در روزنه محلی هستند.	$\mu_j = \sum_{i=0}^{N-1} (p_{ij})j$ $\sum_{i,j=0}^{N-1} \left[\frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sqrt{(\sigma_i^2)(\sigma_j^2)}} \right]$	همبستگی (correlation)
واریانس در روزنه محلی است	$\sigma_i^2 = \sum_{j=0}^{N-1} (p_{ij})(i - \mu_i)^2$	واریانس (variance)
همگنی، صافی از بافت تصویر است. یکنواختی محلی یک جفت پیکسل را اندازه گیری می کند. برای تصاویری با بخش های همگن بزرگ، این معیار بالاتر خواهد بود.	$\sigma_j^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (p_{ij})(i - \mu_j)^2$ $\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{p_{ij}}{1 + (i - j)^2}$	همگنی (homogeneity)
کنتراست، اندازه گیری تغییرات در GLCM است.	$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{ij}(i - j)^2$	کنتراست (contrast)
شباهت زیادی به کنتراست دارد؛ با این تفاوت که وزنی برابر با تفاوت درجات خاکستری به ماتریس داده می شود؛ در حالی که در کنتراست توان دوم اختلاف به مثابه وزن استفاده می شود.	$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{ij} i - j $	عدم تشابه (dissimilarity)
آنتروپی، معیاری از درجه آشفتگی در یک تصویر است.	$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{ij}(-\ln p_{ij})$	آنتروپی (entropy)
ASM ، یک اندازه گیری از یکنواختی بافت است. معیاری برای اندازه گیری نرمی است. تعداد جفت پیکسلهای تکراری را نشان می دهد. در حالت یکنواختی کامل، مقدار آن یک و در صورت یکنواخت نبودن کامل، بسیار نزدیک به صفر است.	$\sum_{i,j=0}^{N-1} p_{ij}^2$	زاویه تماس لحظه ای (angular second moment)
I شماره ستون، j شماره ردیف، pij ارزش در ماتریس سلول i و j. N تعداد ردیفها و ستونها و برابر با تعداد سطوح خاکستری است. پیکسل در روزنه محلی شاخصی از صفر است.		

شاخص های طیفی

جهت کاهش اثرات توپوگرافی و روشنایی تصویر و بالابردن امکان تشخیص و تفکیک عوارض از اختلاف شاخص های طیفی متعددی جهت آشکار سازی عوارض استفاده می شود. شاخص های طیفی حاصل یک محاسبه ریاضی بین دو یا چند باند طیفی می باشند که به واسطه آن، پدیده مورد نظر بارزتر می شود. در جدول ۲ نحوه محاسبه تعدادی از شاخص های طیفی که در چهار کاربری پوشش گیاهی، آب ، مناطق ساخته شده و زمین بایر کارآمد می باشند، بیان شده است.

جدول ۲. شاخص‌های طیفی مورد استفاده این تحقیق.

Table 2. Spectral indexes used in the present research.

ردیف	رابطه	شاخص طیفی
۱	$B_i = \text{sprt}(((R * R) + (G * G)) / 2.0)$	Bi
۲	$B_{i2} = \text{sprt}(((R * R) + (G * G) + (NIR * NIR)) / 2.0)$	bi2
۳	$B_u = \text{ndbi} - \text{ndvi}$	Bu
۴	$C_i = (R - G) / (R + G)$	Ci
۵	$d_{vi} = NIR - Red$	Dvi
۶	$mndwi = (GMID) / (G + MID)$	MNDWI
۷	$Ndbi = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR)$	NDBI
۸	$Ndpi = (G - SWIR) / (G + SWIR)$	NDPI
۹	$Ndti = (R - G) / (R + G)$	NDTI
۱۰	$Ndvi = NIR - Red / NIR + Red$	NDVI
۱۱	$Savi = (1 + L) * [(NIR - Red) / (NIR + Red + L)]$	SAVI
۱۲	$ndwi = (NIR - MID) / (NIR + MID)$	NDWI
۱۳	$ndwi2 = (G - NIR) / (G + NIR)$	NDWI2
۱۴	$Pvi = \text{SIN}(A) * NIR - \text{COS}(A) * R$	PVI

روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)

ماشین بردار پشتیبان یک الگوریتم طبقه‌بندی بوده و به عنوان یکی از بهترین تکنیک‌های طبقه‌بندی شناخته می‌شود و این روش برخلاف الگوریتم‌های خوشه‌بندی در دسته یادگیری با نظارت محسوب می‌شود و دو فاز آموزش و تست دارد. ماشین بردار پشتیبان ابتدا توسط آقای Vapnic برای تفکیک و دسته‌بندی داده‌هایی که جدایی‌پذیر خطی بودند ساخته شد ولی بعدها توسط خود ایشان و آقای کورتس برای حالت غیر خطی هم تعمیم داده شد (۴۳). امروزه SVM از الگوریتم‌های پرکاربرد برای طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دوری محسوب می‌شود. دلیل عمده گسترش استفاده از این روش و نتایج مطلوب آن در مقایسه با دیگر طبقه‌بندی کننده‌ها، استفاده الگوریتم ماشین بردار پشتیبان از ویژگی‌های هندسی داده‌های آموزشی به جای ویژگی‌های آماری آنهاست (۲۶). هدف از روش ماشین بردار پشتیبان، یافتن فضاچه‌ای است که بتواند به بهترین صورت دو کلاس متمایز را از یکدیگر جدا کند. حال با توجه به تفکیک‌پذیر بودن کلاس‌ها به صورت خطی یا غیرخطی، نحوه طبقه‌بندی داده‌ها و یافتن ابرصفحه توسط این الگوریتم متفاوت خواهد بود (۲۶). به منظور طبقه‌بندی داده‌های با پیچیدگی بالا، داده‌ها را به وسیله تابع کرنل (Φ) به فضای با ابعاد خیلی بالاتر می‌بریم، تابع کرنل داده‌ها را از فضای ورودی به فضایی با ابعاد بالاتر به گونه‌ای تصویر می‌کند که امکان جداسازی خطی داده‌ها در آن فضا وجود داشته باشد. سپس داده‌های آموزشی انتقال داده شده توسط یک فضاچه بهینه در آن فضا را جداسازی می‌کند. در واقع بدون هیچ تغییری در ماهیت مسئله بهینه‌سازی با بکارگیری تابع انتقال Φ داده‌ها به فضایی با ابعاد بالاتر نگاهت می‌شوند تا در این فضا سطح تصمیم‌گیری به صورت خطی تعیین شود (۴۵). در روش SVM یافتن پارامترهای بهینه کرنل به بازه جستجو و فواصل تعریف شده توسط کاربر بستگی دارد که در جستجو‌هایی که در بازه‌های گسترده انجام می‌شود بسیار زمان بر و کم بازده می‌باشد (۳۶). در این مطالعه از تابع کرنل پایه شعاعی‌ای طبقه‌بندی SVM استفاده شد.

الگوریتم Gram-Schmidt

این روش یکی از روش‌های تلفیق تصاویر چند طیفی است که همانند روش PCA جز روش‌های جایگزینی مؤلفه به حساب می‌آید. در این الگوریتم ابتدا با استفاده از باندهای چند طیفی باند پانکروماتیک شبیه‌سازی شده و با سایر باندها تلفیق می‌شود. سپس یک تبدیل Gram Schmidt روی تصویر چند باندهای اعمال می‌گردد که به اندازه تعداد باندهای تلفیق شده مؤلفه ایجاد می‌شود. در مرحله بعد با جایگزینی مؤلفه اول این تصویر با باند پانکروماتیک اصلی تلفیق انجام می‌شود (۴۴). از روش تبدیل Gram-Schmidt در ادغام تصاویر با اهداف افزایش وضوح تصاویر چند طیفی به طور موفقیت آمیزی استفاده شده است (۲۰، ۳۹ و ۱۶). این تبدیل دو مزیت عمده دارد که آن را از دیگر روش‌های ادغام جایگزینی مؤلفه متمایز می‌کند. در این روش برخلاف تبدیل فضای رنگی JHS، در تعداد باندهای طیفی که می‌توانند در یک زمان از طریق این تبدیل پردازش شوند، محدودیتی وجود ندارد. تبدیل GS قادر است خصوصیات

تصویر چندطیفی با تصاویر پانکروماتیک دارای قدرت تفکیک کم را در تصویر حاصل از ادغام آن با داده پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی زیاد حفظ کند.

ارزیابی دقت

معمولاً معیارهای ارزیابی دقت به سه دسته معیارهای ارزیابی داخلی، خارجی و نسبی تقسیم می‌شوند. معیارهای داخلی معمولاً با استفاده از پارامترهای آماری، دقت روش مورد مطالعه را محاسبه می‌کنند. معیارهای خارجی بر اساس مقایسه‌ی نتایج با داده‌های زمین مرجع و واقعیت زمینی محاسبه می‌شوند و معیارهای نسبی با مقایسه نتایج یک روش با روش دیگر به دست می‌آیند (۴۰). همانطور که مشخص است، در صورت فراهم بودن داده‌های زمینی، استفاده از معیارهای خارجی دقت، واقعی‌تر و مناسب‌تر است. معمولاً از پارامترهای آماری برای تعیین معیارهای ارزیابی دقت در سنجش از دور استفاده می‌شود. این پارامترها بر اساس ماتریس خطا که یک ماتریس مربعی با ابعاد $n \times n$ است محاسبه می‌شوند (۵). این ماتریس حاصل مقایسه داده‌های مرجع و نتایج حاصل از طبقه‌بندی است. ستون‌های ماتریس خطا، تعداد پیکسل‌های هر کلاس در داده‌های مرجع و سطرهای آن تعداد پیکسل‌های اختصاص یافته به هر کلاس به وسیله الگوریتم است. با استفاده از عناصر ماتریس خطا، پارامترهای ارزیابی دقت از جمله دقت کل، ضریب کاپا، دقت کاربر و دقت تولید کننده محاسبه می‌شوند (۱۵).

دقت کلی، نشان دهنده پیکسل‌هایی است که به درستی شناسایی شده‌اند که در واقع نشان دهنده دقت کلی الگوریتم است. این پارامتر از تقسیم مجموع عناصر روی قطر اصلی ماتریس خطا به تعداد کل پیکسل‌ها به دست می‌آید. ضریب ارزیابی کاپا، یک روش چند متغیره گسسته آماری است که تفاوت بین ماتریس خطای حاصل از الگوریتم و ماتریس خطای ایده‌آل را مشخص می‌کند. محاسبه کاپا بر اساس اندازه‌گیری تفاوت بین تعداد پیکسل‌هایی که به درستی شناسایی شده‌اند و تعداد پیکسل‌هایی که به صورت نادرست تعیین شده‌اند انجام می‌شود. دقت کاربر نشان دهنده احتمال آن است که در داده‌های مرجع، پیکسلی در کلاسی قرار دارد و الگوریتم طبقه‌بندی کننده نیز آن پیکسل از تصویر را در همان کلاس قرار دهد. دقت تولید کننده نشان دهنده احتمال آن است که الگوریتم طبقه‌بندی کننده پیکسلی از تصویر را در کلاسی قرار دهد که در داده‌های مرجع نیز این پیکسل در همان کلاس قرار دارد (۱۲). در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی برای انتخاب تصادفی نمونه‌های آموزشی و ارزیابی استفاده شد. برای هر کدام از چهار کلاس مورد بررسی، بصورتی که در جدول ۳ آمده نمونه آموزشی و تست استفاده شد.

جدول ۳. تعداد نمونه آموزشی و تست برای هر یک از کلاس‌ها.

Table 3. The number of training samples and tests for each class.

تعداد کل نمونه‌ها در هر تصویر		نوع کلاس	
نمونه تست	نمونه آموزشی	نام	شماره
۲۵۶	۶۷۳	مناطق مسکونی	۱
۲۴۰	۶۲۰	پوشش گیاهی	۲
۱۷۵	۵۲۲	مناطق آبی	۳
۲۶۸	۶۷۱	زمین بایر	۴

نتایج

انتخاب ویژگی‌های بهینه

در تحقیق حاضر از دو روش ضریب شاخص بهینه و نمودار بازتاب نرمال عوارض به منظور انتخاب ویژگی‌های بهینه استفاده شده است. در روش اول (ضریب شاخص بهینه) با توجه به بالاترین مقدار ضریب شاخص بهینه ۳ ویژگی برای هر یک از ویژگی طیفی و بافت استفاده شد که این ویژگی‌ها عبارت‌اند از، زاویه تماس لحظه -VH و کنتراست-Vh و زاویه تماس لحظه -VV (جدول ۴).

:Deleted

:Deleted

:Deleted: ساخت وساز

Commented [۹۵]: نتایج به خوبی تشریح و ارزیابی شده است. پیشنهادات: نمودارها را توضیح بیشتر دهید

:Deleted: یافته‌ها

جدول ۴. آماره های بافت با بالاترین مقدار OIF

Table 4. Texture statistics with the highest value of OIF.

ترکیب باند	OIF
vh_زاویه تماس لحظه ای vv+_زاویه تماس لحظه ای + vh_کنتراست	۲۲۳۰/۱۰
vv_کنتراست + vv_عدم تشابه vv_آنتروپی	۱۲۸۱۷۸/۳۷
vh_کنتراست + vh_واریانس vv+_همگنی	۱۸۵۹۱/۶۶
vv_عدم تشابه vv+_آنتروپی vv_واریانس	۱۶۱۶۲/۹۶
vh_کنتراست vv+_زاویه تماس لحظه ای vv+_واریانس	۱۰۵۱۸/۴۴
vv_زاویه تماس لحظه ای vv+_کنتراست vv+_همگنی	۱۰۴۰۹/۹۹

در بین شاخص های طیفی، ۳ شاخص که بیشترین مقدار شاخص ضریب بهینه را داشتند به عنوان ویژگی بهینه برای طبقه بندی انتخاب شدند. این شاخص ها عبارت اند از، NDWI و BI2 و NDVI (جدول ۵).

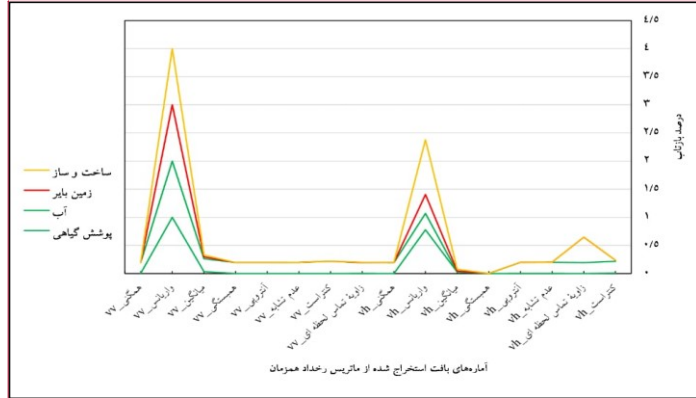
جدول ۵. شاخص های طیفی با بالاترین مقدار OIF

Table 5. Spectral indexes statistics with the highest value of OIF.

ترکیب باند	OIF
bi2 ndvi ndwi	۷۱/۵۰
bi ndvi ndwi	۶۸/۴۷
bi2 bu ndvi	۶۲/۱۶
bi2 ndvi ndwi2	۶۱/۵۴
bi2 mdwi ndvi	۶۱/۳۹
bi2 dvi ndvi	۶۱/۲۹

در روش دوم (نمودار بازتاب نرمال عوارض) ۵۰ نمونه برای هر کلاس انتخاب شد و میانگین بازتاب آن در ویژگی های مورد نظر برداشت شد سپس بعد از نرمال کردن مقادیر بازتاب، بصورت نمودار نشان داده شد. با توجه شکل (۴) از میان ۱۶ آماره بافت استخراج شده از تصویر Sentinel-1 آماره واریانس در قطبش VH، آماره واریانس در قطبش VV، آماره میانگین در قطبش VV و آماره زاویه تماس لحظه ای در قطبش VV به دلیل مقدار همبستگی کمتر و در نتیجه توانایی تفکیک بیشتر عوارض برای انجام طبقه بندی انتخاب گردید.

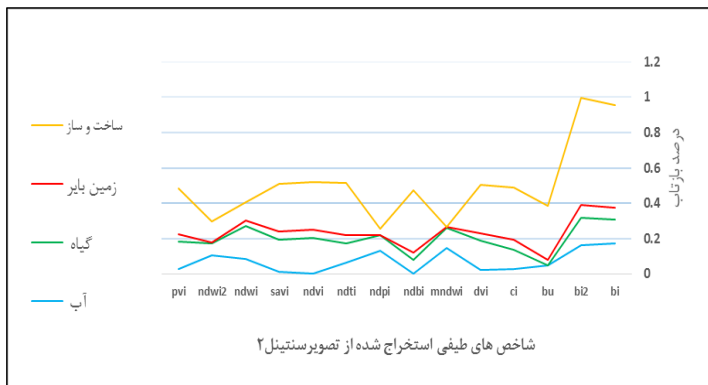
هنکام درج بصورت شکل نباشد: [10] Commented
قابل ویرایش نیست



شکل ۴. بازتاب نرمال شده کاربری اراضی.

Fig 4. The normalized reflectance of the land uses.

با توجه به شکل (۵) از میان ۱۴ شاخص طیفی استخراج شده از تصویر Sentinel-2 شاخص‌های طیفی NDVI, MNDWI, BU و NDWI2 بدلیل مشابهت زیاد در منحنی بازتاب طیفی، حذف شدند و طبقه‌بندی با ۱۰ شاخص دیگر انجام گرفت.



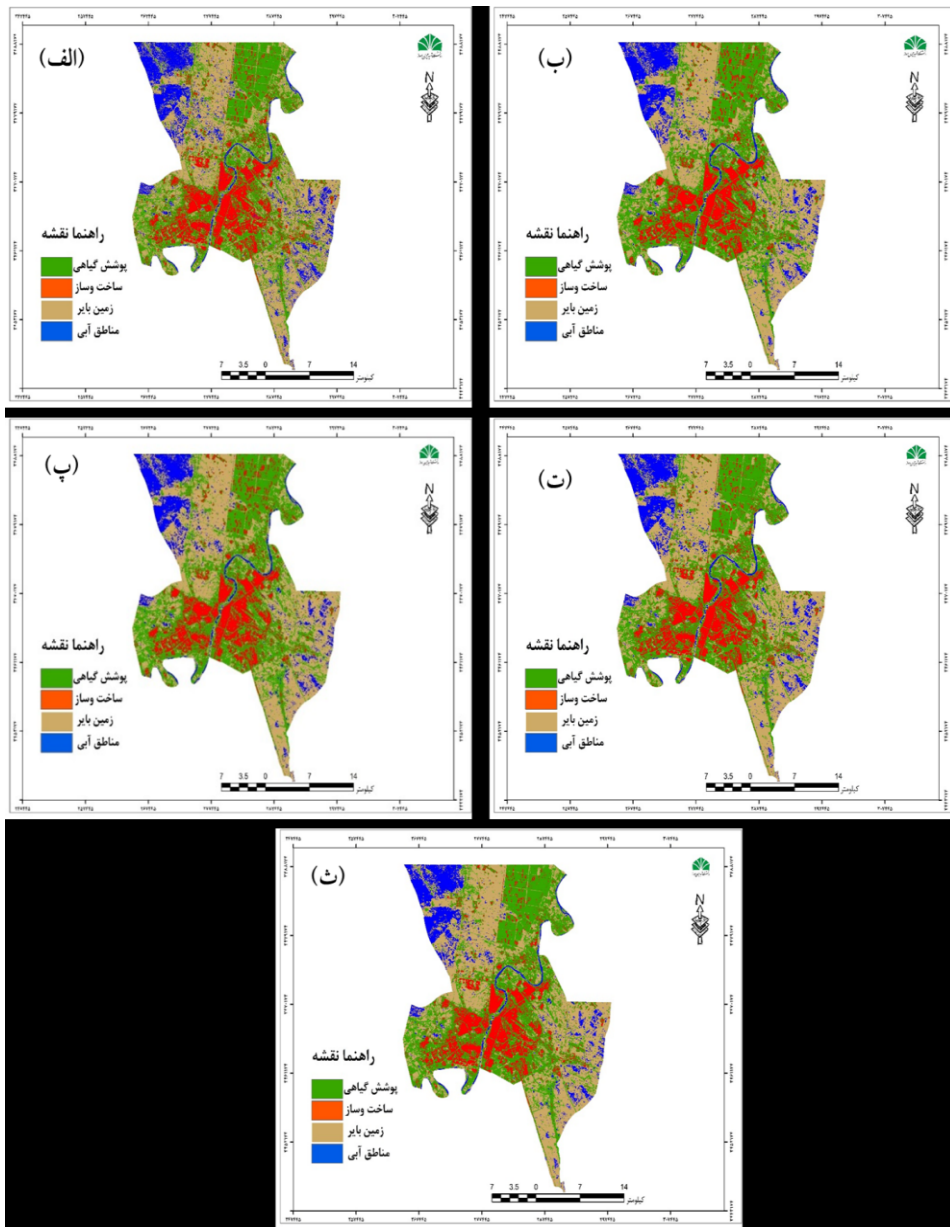
شکل ۵. بازتاب نرمال شده عوارض.

Fig 4. The normalized reflectance of the land uses.

طبقه‌بندی با استفاده از تصاویر سنتینل-۱

تصاویر سنتینل-۱ دارای دو قطبیدگی مشابه (VV) و غیر مشابه (VH) می‌باشند. بنابراین طبقه‌بندی با استفاده از مقادیر شدت در دو قطبش VV و VH انجام گرفت، نتیجه حاصل از طبقه‌بندی در شکل ۶ الف و نتایج حاصل از ارزیابی دقت در جدول ۶ آورده شده است. تصویر بدست آمده دارای خطای بسیار زیادی مخصوصاً در کلاس زمین بایر می‌باشد و کلاس‌ها تداخل زیادی با هم دارند. دلیل این امر می‌تواند نسبت پایین نمونه‌های آموزشی به مساحت در این کلاس باشد در این بین کلاس مناطق آبی و ساخت و ساز به نسبتاً خوب طبقه‌بندی شده و دارای خطای کمتری می‌باشد. دقت کلی بدست آمده ۸۱/۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۵ می‌باشد. همچنین طبقه‌بندی ویژگی بهینه با استفاده از نمودار بازتاب نرمال شده عوارض انجام گرفت (شکل ۶ ب). تصویر بدست آمده دارای خطای بسیار زیادی

مخصوصاً در کلاس زمین بایر می‌باشد و کلاس‌ها تداخل زیادی با هم دارند. در این بین کلاس مناطق آبی بهتر طبقه‌بندی شده و دارای خطا کمتری می‌باشد. دقت کلی بدست آمده ۸۰/۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۴ می‌باشد. اما در ادامه، طبقه‌بندی ویژگی بهینه با استفاده از ضریب شاخص بهینه انجام گرفت (شکل ۶ ج). این تصویر نیز مانند ویژگی بهینه استخراج شده از نمودار دارای خطا بسیار زیادی در کلاس زمین بایر می‌باشد و کلاس‌ها تداخل زیادی با هم دارند. در این بین کلاس مناطق آبی بهتر طبقه‌بندی شده و دارای خطا کمتری می‌باشد. دقت کلی بدست آمده ۸۱/۴ و ضریب کاپا ۰/۷۵ می‌باشد. همانطور که در شکل ۶ د نشان داده شده است، در این مرحله طبقه‌بندی ویژگی‌های طیفی انتخاب شده از نمودار با باندهای اصلی تصویر اپتیک انجام گرفت. این تصویر نیز مانند ویژگی بهینه استخراج شده از نمودار دارای خطا بسیار زیادی در کلاس زمین بایر می‌باشد و کلاس‌ها تداخل زیادی با هم دارند. در این بین کلاس مناطق آبی وساخت و ساز بهتر طبقه‌بندی شده و دارای خطا کمتری می‌باشد. دقت کلی بدست آمده ۸۴/۲ و ضریب کاپا ۰/۷۹ می‌باشد. و نهایتاً، طبقه‌بندی ویژگی‌های طیفی انتخاب شده از OIF با باندهای اصلی تصویر اپتیک انجام گرفت (شکل ۶ ث). این تصویر دارای خطا بسیار زیادی در کلاس زمین بایر می‌باشد و کلاس‌ها تداخل زیادی با هم دارند. در این بین کلاس مناطق آبی وساخت و ساز بهتر طبقه‌بندی شده و دارای خطا کمتری می‌باشد. دقت کلی بدست آمده ۸۴/۴ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۹ می‌باشد.



شکل ۶. الف) طبقه‌بندی با استفاده از تصویر SAR، ب) طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های بافت تصویر SAR انتخاب شده از نمودار، ج) طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های بافت تصویر SAR انتخاب شده از OIF، د) طبقه‌بندی با استفاده از ترکیب ویژگی‌های بافت تصویر SAR انتخاب شده از نمودار با باندهای تصویر SAR، ث) طبقه‌بندی با استفاده از ترکیب ویژگی‌های بافت تصویر SAR انتخاب شده از OIF با باندهای اصلی تصویر SAR.

Fig 6. A) Classification using SAR images, B) Classification using SAR image texture characteristics selected from the graph, C) Classification using SAR image texture characteristics selected from OIF, D) Classification using SAR image

Commented [۱۵]:

شکل فاقد کیفیت است
نقشه‌ها خوانا بزرگ و باکیفیت (هر نقشه با حداقل اندازه ۱۰×۱۳ سانتی-متر) با داشتن جهت شمال، اعداد گراتیکول در حاشیه و اعداد مقیاس و راهنمای نقشه ارخوانا و با کیفیت و با نوشته‌ها فونت فارسی Blotus بر اساس شکل در راهنمای نویسندگان ارائه گردد.
این مورد برای تمام نقشه‌ها صدق می‌کند

texture characteristics selected from graph of the SAR bands, E) Classification using SAR image texture characteristics selected from OIF of the SAR bands.

جدول ۶. ارزیابی نتایج طبقه بندی با استفاده از ویژگی بافت.

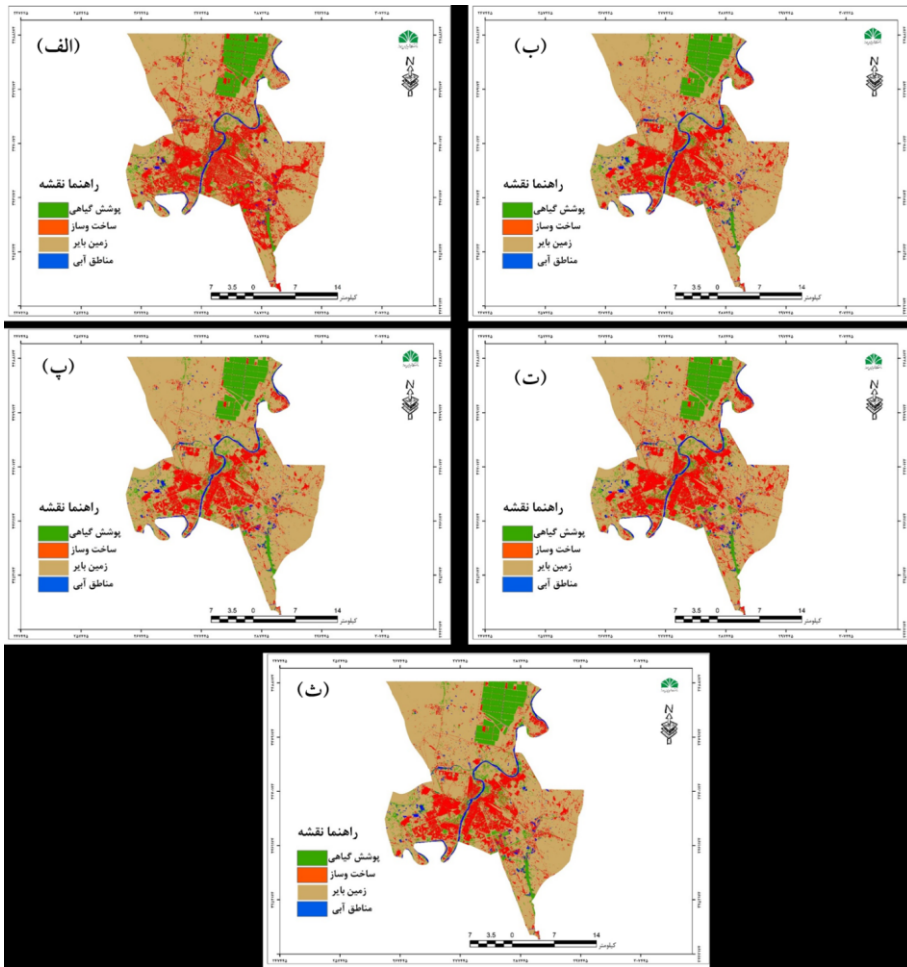
Table 6. Evaluation of classification results using texture characteristic.

شاخص های بافت		دقت تولیدکننده (%)				دقت کاربر (%)				
طبقه بندی	دقت کلی (%)	ضریب	ساخت	پوشش	مناطق	زمین	ساخت	پوشش	مناطق	زمین
VV, VH	۸۱/۷۱	۰/۷۵	۹۱/۰۸	۸۱/۵۵	۹۶/۴۶	۵۸/۲۶	۸۰/۸۷	۸۰/۷۷	۸۰/۷۴	۸۵/۹
باندهای نمودار	۸۰/۷۸	۰/۷۴	۸۱/۱۹	۸۵/۴۴	۹۳/۸۱	۶۳/۴۸	۷۵/۹۳	۷۵/۲۱	۸۵/۴۸	۸۷/۹۵
OIF	۸۱/۴۸	۰/۷۵	۸۱/۱۹	۸۵/۴۴	۹۲/۹۲	۶۶/۹۶	۷۵/۹۳	۷۵/۸۶	۹۲/۹۲	۶۶/۹۶
باندهای نمودار و	۸۴/۲۵	۰/۷۹	۹۲/۰۸	۸۷/۳۸	۹۳/۸۱	۶۵/۲۲	۸۲/۳	۸۱/۰۸	۸۶/۸۹	۸۷/۲۱
باند										
باندهای OIF و	۸۴/۴	۰/۷۹	۹۱/۰۹	۸۷/۳۸	۹۲/۹۲	۶۷/۸۳	۸۳/۶۴	۸۰/۳۶	۸۶/۷۸	۸۷/۶۴
باند										

طبقه بندی با استفاده از تصاویر سنتینل-۲

نتایج طبقه بندی با استفاده از تصویر اپتیک که در آن از باندهای ۲ و ۳ و ۴ و ۸ تصویر چند طیفی سنتینل-۲ برای طبقه بندی استفاده شده است در شکل ۷ الف آورده شده است. در این طبقه بندی نیز همانند طبقه بندی داده های راداری، خروجی بدست آمده دارای خطا می باشد ولی نسبت به روش های قبل بسیار کمتر می باشد (جدول ۷)، هم چنین تداخل بین کلاس های پوشش گیاهی و مناطق آبی و زمین بایر کمتر دیده می شود. کلاس آب نیز به خوبی تشخیص داده شده است. در کل دقت طبقه بندی نسبت به داده های راداری بسیار بهتر می باشد. دقت کلی بدست آمده ۸۹/۸ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۶ می باشد. با توجه به شکل ۷ ب، در این بخش ویژگی ها بهینه طیفی انتخاب شده از نمودار از تصویر چند طیفی سنتینل-۲ برای طبقه بندی استفاده گردید. نتایج طبقه بندی با استفاده از شاخص های طیفی انتخاب شده از نمودار که شامل (VI و NDWI و SAVI و NDVI و NDTI و NDBI و DVI و CI و BI و BI2) می باشند در شکل ۷ ب نشان داده شده است. در این طبقه بندی خروجی بدست آمده دارای خطا کلی می باشد همچنین تداخل بین کلاس ها کمتر دیده می شود. کلاس آب نیز دوباره به خوبی تشخیص داده شده است. بیشترین تداخل در کلاس ساخت و ساز و زمین بایر می باشد. در کل دقت طبقه بندی نسبت به داده های راداری بسیار بهتر می باشد. دقت کلی بدست آمده ۹۴/۴۴ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۲ می باشد. در ادامه همچنین ویژگی های بهینه طیفی انتخاب شده از OIF از تصویر چند طیفی سنتینل-۲ برای طبقه بندی استفاده گردید. نتایج طبقه بندی با استفاده از شاخص های طیفی انتخاب شده از نمودار (NDWI2 و BI و BI2 و NDVI و MNDWI و DVI) در شکل ۷ ج نشان داده شده است. در این طبقه بندی خروجی بدست آمده دارای خطا کمی می باشد همچنین تداخل بین کلاس های پوشش گیاهی و مناطق آبی، زمین بایر کمتر دیده می شود. کلاس آب نیز دوباره به خوبی تشخیص داده شده است. بیشترین تداخل در کلاس ساخت و ساز و زمین بایر می باشد. در کل دقت طبقه بندی نسبت به داده های راداری بسیار بهتر می باشد. دقت کلی بدست آمده ۹۳/۵ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۱ می باشد. همچنین طبقه بندی دیگری با استفاده از ترکیب ویژگی های طیفی انتخاب شده از نمودار با باندهای اصلی تصویر اپتیک انجام گرفت (شکل ۷ د). در این بخش ویژگی ها بهینه طیفی انتخاب شده از نمودار از تصویر چند طیفی سنتینل-۲ (باندهای ۲ و ۳ و ۴ و ۸) برای طبقه بندی استفاده گردید. در این طبقه بندی خروجی بدست آمده دارای خطا می باشد ولی بسیار کمتر می باشد، هم چنین تداخل بین کلاس ها کمتر دیده می شود. کلاس آب و پوشش گیاهی به خوبی تشخیص داده شده است. بیشترین تداخل در کلاس ساخت و ساز و زمین بایر می باشد. دقت کلی بدست آمده ۹۴/۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۲ می باشد. و در نهایت، طبقه بندی با استفاده از ترکیب ویژگی های بهینه طیفی انتخاب شده از OIF و تصویر چند طیفی سنتینل-۲ (باندهای ۲ و ۳ و

۴ و ۸) انجام گرفت که نتایج آن در شکل ۷ نشان داده شده است. در این طبقه‌بندی خروجی بدست آمده دارای خطا می‌باشد ولی بسیار کمتر می‌باشند، هم چنین تداخل بین کلاس‌ها کمتر دیده می‌شود. کلاس آب و پوشش گیاهی به خوبی تشخیص داده شده است. بیشترین تداخل در کلاس ساخت و ساز و زمین بایر می‌باشد. دقت کلی بدست آمده ۹۳/۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۱ می‌باشد.



شکل ۷. الف) طبقه بندی با استفاده از تصویر اپتیک، ب) طبقه بندی با استفاده ویژگی های بهینه طیفی تصویر اپتیک انتخاب شده از نمودار، ج) طبقه بندی با استفاده ویژگی های طیفی تصویر اپتیک انتخاب شده از OIF، د) طبقه بندی با استفاده از ترکیب ویژگی های طیفی انتخاب شده از نمودار با باندهای اصلی تصویر اپتیک، ه) طبقه بندی با استفاده از ترکیب ویژگی های طیفی انتخاب شده از OIF با باندهای اصلی تصویر اپتیک.

Fig 7. A) Classification using optical images, B) Classification using the optimal spectral characteristics of optical image selected from the graph, C) Classification using the optimal spectral characteristics of optical image selected from the OIF, D) Classification using the combination of spectral characteristics selected from the graph with the main bands of optical image, E) Classification using the combination of spectral characteristics selected from the OIF with the main bands of optical image.

Commented [۱۲]:

شکل فاقد کیفیت است

نقشه‌ها خوانا بزرگ و باکیفیت (هر نقشه با حداقل اندازه ۱۰×۱۳ سانتی-متر) با داشتن جهت شمال، اعداد گراتیکول در حاشیه و اعداد مقیاس و راهنمای نقشه ارخوانا و با کیفیت و با نوشته ها فونت فارسی Blotus بر اساس شکل در راهنمای نویسندگان ارائه گردد. این مورد برای تمام نقشه ها صدق می کند

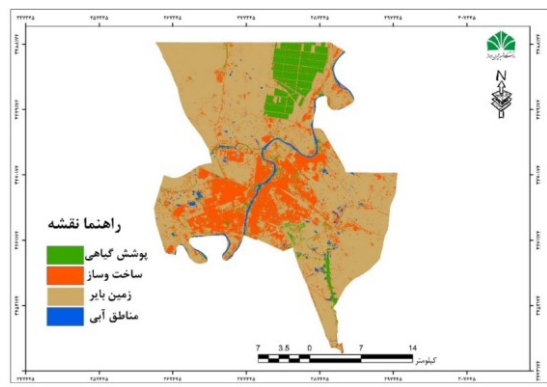
جدول ۷. ارزیابی نتایج طبقه بندی با استفاده از ویژگی طیفی.

Table 6. Evaluation of classification results using spectral characteristic.

دقت کاربر (%)		دقت تولیدکننده (%)				شاخص های طیفی				
زمین بایر	مناطق آبی	پوشش گیاهی	ساخت و ساز	زمین بایر	مناطق آبی	پوشش گیاهی	ساخت و ساز	ضریب کاپا	دقت کلی (%)	طبقه بندی
۸۸/۴۲	۹۵/۲۶	۹۴/۲	۷۳/۹۵	۷۳/۰۴	۹۳	۹۲/۵	۸۷/۱۳	۰/۸۶	۸۹/۸۱	باند‌ها ۲۳۴۸
۸۹/۶۶	۹۶/۰۱	۹۵/۱	۸۸/۸۹	۹۰/۴۳	۹۵/۲۵	۹۵/۷	۸۷/۱۳	۰/۹۲	۹۴/۴۴	باند‌های نمودار
۸۶/۲۹	۹۴/۴۱	۹۴/۶۸	۹۱/۰۱	۹۳/۰۴	۹۴/۲	۹۳/۲۶	۸۰/۲۰	۰/۹۱	۹۳/۵۱	باند‌های OIF
۹۱/۱۵	۹۴/۴۱	۹۶/۱	۸۸	۸۹/۵۷	۹۴/۲۶	۹۴/۶۸	۸۷/۱۳	۰/۹۲	۹۴/۲۱	باند‌های نمودار و باند ۲ و ۳ و ۴ و ۸
۸۸/۱۴	۹۵/۲۶	۹۵/۲۷	۸۰/۵۴	۹۰/۴۳	۹۴/۶۵	۹۴/۵۶	۸۴/۱۶	۰/۹۱	۹۳/۷۵	باند‌های OIF و باند ۲ و ۳ و ۴ و ۸

طبقه بندی با استفاده از تلفیق تصاویر

در این پژوهش با تلفیق بهترین ترکیب باندهای راداری سنتینل-۱ و بهترین ترکیب باندهای تصویر چندطیفی سنتینل-۲ طبقه بندی انجام شد. بدین منظور با توجه به ارزیابی نتایج بدست آمده بهترین ترکیب باندهای مشخص شده و با استفاده از الگوریتم Gram-Schmidt تلفیق انجام داده و طبقه بندی به روش ماشین بردار پشتیبان پیاده سازی گردید (شکل ۸). در این طبقه بندی خروجی بدست آمده دارای کمترین خطا می باشد. کلاس های مختلف به خوبی طبقه بندی شدند، هم چنین تداخل بین کلاس ها کمتر دیده می شود. تنها تداخل کمی بین کلاس زمین بایر و کلاس ساخت و ساز مشاهده می شود. دقت کلی بدست آمده ۹۷/۰۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۶ می باشد.



شکل ۸ طبقه بندی با تلفیق بهترین ترکیب ویژگی ها.

Fig 8. Classification by using the best composition of features.

Commented [۱۲]:

شکل فاقد کیفیت است
نقشه ها خوانا بزرگ و با کیفیت (هر نقشه با حداقل اندازه ۱۰×۱۳ سانتی-متر) یا داشتن جهت شمال، اعداد گراتیکول در حاشیه و اعداد مقیاس و راهنمای نقشه ارخوانا و با کیفیت و با نوشته ها فونت فارسی Blotus بر اساس شکل در راهنمای نویسندگان ارائه گردد. این مورد برای تمام نقشه ها صدق می کند

جدول ۸. ارزیابی نتایج طبقه بندی با استفاده از تلفیق ویژگی بافت و طیفی.

Table 8. Evaluation of classification results using texture and spectral characteristics.

طبقه بندی	تلفیق آماره های بافت با شاخص های طیفی		دقت تولیدکننده		دقت کاربر	
	دقت کلی	ضریب	ساخت	پوشش	مناطق	زمین بایر
تلفیق بهترین ترکیب با بهترین ترکیب طیفی	۹۷,۰۷۳۲٪	۰,۹۶۱۰	۹۳,۱۴	۹۵,۷۱	۱۰۰,۰۰	۹۹,۳۶
			۹۵,۰۰	۹۵,۳۶	۹۵,۰۰	۹۶,۲
						۹۳,۶۷

بحث و نتیجه گیری

امروزه داده های ماهواره ای در سنجنش از دور به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. طبقه بندی و تفکیک پوشش زمین از مهم ترین کاربردهای سنجنش از دور در این راستا است. برای کاربردهای طبقه بندی، داده های ماهواره ای چندطیفی ابزاری کارآمد می باشند، اما متأسفانه در برخی از شرایط، مانند آب و هوای ابری در دسترس نیستند. این مشکل را می توان با داده های SAR حل کرد. اخیراً قدرت تفکیک مکانی و زمانی داده های رادار بهبود پیدا کرده است. اکثر الگوریتم های طبقه بندی داده های سنجنش از دور بر اساس ویژگی ها و اطلاعات طیفی پیکسل ها عمل می کنند. این مسئله باعث نادیده گرفتن اطلاعات مکانی مفید قابل استخراج از این تصاویر، مانند بافت تصاویر می شود. گاهی اطلاعات بافت بدست آمده از داده ی راداری را می توان به صورت یک لایه ی اطلاعاتی اضافی برای تفکیک کلاس هایی که شباهت طیفی دارند، استفاده کرد. استفاده هم زمان از بافت و اطلاعات طیفی مبحثی است که به آن کمتر پرداخته شده است. بر این اساس با تلفیق داده های طیفی و راداری می توانیم از ویژگی های متفاوت هر کدام استفاده کرده و به نتایج بهتری دست پیدا کنیم. طبقه بندی حاصل از تلفیق دو سنجنده سنتینل ۱ و ۲ دارای صحت بهتری نسبت به نتایج بدست آمده از طبقه بندی تصاویر سنتینل ۱ و سنتینل ۲ بصورت جداگانه می باشند. همچنین استفاده از تصاویر سری زمانی قابلیت بالایی در تفکیک محصولات کشاورزی دارند و آمار حاصل از این روش ها با آمار زمینی توافق بالایی دارد. در این میان پلاریزاسیون VH سنتینل ۱ نیز دارای سهم پوشش گیاهی قوی می باشد و به خوبی با شاخص NDVI قابلیت تلفیق دارد. (۳). محققان دیگری نیز تصاویر ماهواره ای مختلف را به منظور دستیابی به دقت و صحت بیشتر تلفیق کرده اند (۴). هدف از پژوهش حاضر دست یابی به دقت بالا در طبقه بندی پوشش زمین با استفاده از تلفیق بهترین ویژگی بافت تصویر SAR و بهترین ویژگی طیفی تصویر سنتینل ۲- می باشد. این هدف با استخراج ویژگی های بافت با استفاده از ماتریس رخداد همزمان از تصویر راداری سنتینل ۱- و شاخص های طیفی از تصویر سنتینل ۲- اعمال گردید. در این پژوهش برای انتخاب ویژگی های بهینه برای تولید نقشه پوشش زمین از دو روش استفاده شد. روش اول بازتاب نرمال شده عوارض با توجه به ویژگی های استخراج شده و روش دوم اعمال شاخص ضریب بهینه (OIF) بروی ویژگی های بافت و طیفی استخراج شده می باشد. به این منظور فرایند طبقه بندی با استفاده از روش ماشین بردار (SVM)، بروی تصویر راداری سنتینل ۱- و تصویر چندطیفی سنتینل ۲- انجام گرفت. ویژگی های بهینه انتخاب شده بادو روش آن و ترکیب باندهای تصویر با ویژگی های بهینه انتخاب شده با دو روش آن طبقه بندی صورت گرفت. و در آخر با تلفیق بهترین ترکیب باندهای رادار و اپتیک انجام گرفت. الگوریتم استفاده شده در این تحقیق Gram-Schmidt است که یکی الگوریتم های تلفیق در سطح پیکسل می باشد، برخلاف تبدیل فضای رنگی IHS. در تعداد باندهای طیفی که می توانند در یک زمان از طریق این تبدیل پردازش شوند، محدودیتی وجود ندارد. از ماتریس خطا که حاصل مقایسه پیکسل های واقعیت زمین و پیکسل های مناظر در خروجی روش های طبقه بندی پوشش زمین است، پارامترهای دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت کاربر برای کلیه روش های مورد استفاده در این پژوهش برآورد شدند. با توجه به نتایج بدست آمده، با تلفیق ویژگی های اپتیک و رادار دقت کلی ۹۷/۰۷ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۶ طبقه بندی بهبود داده شد.

Commented [۱۴]: بحث و نتیجه گیری به خوبی ارائه شده است. پیشنهادات:

محدودیت های مطالعه را ذکر کنید.
منکاتی را برای تحقیقات آتی ارائه دهید.
نتایج را با منابع مرتبط مقایسه کنید.
بر روی کاربردهای بالقوه تأکید کنید

Commented [۱۵]:

اصلاح انواع خطاهای نگارشی با نرم افزار ویراستیار انجام گیرد
<https://virastyar.ir/>

Deleted: ماهواره ای

Deleted: سنجنش از دور

Deleted: به طور

Deleted: گسترده ای

Deleted: مورد استفاده

Deleted: می گیرند

Deleted: و تفکیک

Deleted: مهمترین

Deleted: سنجنش از دور

Deleted: می باشد

منابع مورد استفاده

- Albregtsen F. 2008. Statistical texture measures computed from gray level cooccurrence matrices. Image processing laboratory, department of informatics, university of oslo.
- Clerici N, Valbuena Calderón C, Posada J. 2017. Fusion of Sentinel-1A and Sentinel-2A data for land cover mapping: a case study in the lower Magdalena region, Colombia. *Journal of Maps*, 13(2), 718-726.
- Cervantes J, Garcia-Lamont F, Rodríguez-Mazahua L, Lopez A. 2020. A comprehensive survey on support vector machine classification: Applications, challenges and trends. *Neurocomputing*, 408: 189-215.
- Congalton RG, Green K. 2019. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.
- Dihkan M, Guneroglu N, Karsli F, Guneroglu A. 2013. Remote sensing of tea plantations using an SVM classifier and pattern-based accuracy assessment technique. *International Journal of Remote Sensing*, 34(23), 8549-8565.
- Filippini F. 2019. Sentinel-1 GRD preprocessing workflow. Multidisciplinary digital publishing institute proceedings, 18(1), 11.
- Haas J, Ban Y. 2017. Sentinel-1A SAR and sentinel-2A MSI data fusion for urban ecosystem service mapping. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 41-53.
- Hu J, Ghamisi P, Zhu X. 2018. Feature extraction and selection of sentinel-1 dual-pol data for global-scale local climate zone classification. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9), 379.
- Haghighat M, Zonouz S, Abdel-Mottaleb M. 2013. Identification using encrypted biometrics. In *International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns* (pp. 440-448). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hoseinpour S, Mohammadzadeh A, Eslami M. 2017. Evaluation of the Textural Statistics of the Gray Level Co-Occurrence Matrix Performance for Change Detection. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 6(3), 119-129.
- Han, S, Li H, Gu H. 2008. The study on image fusion for high spatial resolution remote sensing images. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. XXXVII. Part B*, 7, 1159-1164.
- Ling J, Zhang H, Lin Y. 2021. Improving Urban Land Cover Classification in Cloud-Prone Areas with Polarimetric SAR Images. *Remote Sensing*, 13(22), 4708.
- Jenco D, Interdonato R, Gaetano R, Minh D. H. T. 2019. Combining Sentinel-1 and Sentinel-2 Satellite Image Time Series for land cover mapping via a multi-source deep learning architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 158, 11-22.
- Joshi N, Baumann M, Ehammer A, Fensholt R, Grogan K, Hostert P, Waske B. 2016. A review of the application of optical and radar remote sensing data fusion to land use mapping and monitoring. *Remote Sensing*, 8(1), 70.
- Jafar Biglou M, Saman N, Kamyar E, Fatmeh M. 2018. Investigation and prediction of land use changes for lands under the influence of sand dunes in the eastern of the city of Boshrooyeh using Remote Sensing and Geographic Information System, 6(3), 117-134. (In Persian)
- Jalby W, Philippe B. 1991. Stability analysis and improvement of the block Gram-Schmidt algorithm. *SIAM journal on scientific and statistical computing*, 12(5), 1058-1073.
- Kabulizadeh M, Rangzan K, Mohammadi Sh. 2017. Application of combining Landsat-8 and Sentinel-2 satellite images in environmental monitoring. *Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 9(3), 53-71. (In Persian)
- Kranjčić N, Medak D, Župan R, Rezo M. 2019. Support vector machine accuracy assessment for extracting green urban areas in towns. *Remote Sensing*, 11(6), 655.
- Kim C. 2016. Land use classification and land use change analysis using satellite images in Lombok Island, Indonesia. *Forest Science and Technology*, 12(4), 183-191.
- Kong Y, Hong F, Leung H, Peng X. 2021. A Fusion Method of Optical Image and SAR Image Based on Dense-UGAN and Gram-Schmidt Transformation. *Remote Sensing*, 13(21), 4274.
- Lee J, Grunes M, Ainsworth T, Du L, Schuler, D, Cloude S. 1999. Unsupervised classification using polarimetric decomposition and the complex Wishart classifier. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37(5), 2249-2258.
- Maleknejad Yazdi A, Ghasemian H, Cesei V, Shahesvari A, Kosha H. 2014. Investigating the improvement of classification accuracy using single-band ALI image fusion with Hyperion hyperspectral images. *Iran Remote Sensing and GIS*, 7(3), 65-82. (In Persian)

تمام رفرنسها شماره صفحات باید داشته باشد: [16] Commented

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Space After: 0 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

- Mohammad Nejad Niazi S, Mokhtar Zade M, Saeed Zadeh F. 2016. A Novel IHS-GA Fusion Method Based on Enhancement Vegetated Area. *JGST, Journal of Geomatics Sciences and Techniques*, 6 (1), 235-248. (In Persian)
- Mathur A, Foody G. 2008. Multiclass and binary SVM classification: Implications for training and classification users. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 5(2), 241-245.
- Mavroforakis M, Theodoridis S. 2006. A geometric approach to support vector machine (SVM) classification. *IEEE transactions on neural networks*, 17(3), 671-682.
- Nadizadeh Shorabeh S, Attarchi S, Minaei, F. 2020. Evaluation of the Capability of Polarimetric Radar Bands to Extract Biophysical Properties of the Earth's Surface. *Physical Geography Research Quarterly*, 52(1), 147-164. (In Persian)
- Nadizadeh Shorabeh S, Hamzeh S, Kiavarz M, Afsharipoor S. 2018. Effects of Spatial and Temporal Land Use Changes and Urban Development on the Increase of Land Surface Temperature Using Landsat Multi-Temporal Images (Case study: Gorgan City). *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 6(3), 545-568. (In Persian)
- Orynbaikyzy A, Gessner U, Conrad C. 2019. Crop type classification using a combination of optical and radar remote sensing data: A review. *International journal of remote sensing*, 40(17), 6553-6595.
- Palubinskas G, Reinartz P, Bamler R. 2010. Image acquisition geometry analysis for the fusion of optical and radar remote sensing data. *International Journal of Image and Data Fusion*, 1(3), 271-282.
- Pereira L, D O, Freitas C, Sant' Anna S, Lu, D, Moran E. 2013. Optical and radar data integration for land use and land cover mapping in the Brazilian Amazon. *GIScience , remote sensing*, 50(3), 301-321.
- Potin P, Rosich B, Grimont P, Miranda N, Shurmer I, O'Connell A, Krassenburg M. 2016. Sentinel-1 mission status. In *Proceedings of EUSAR 2016: 11th European Conference on Synthetic Aperture Radar* (pp. 1-6). VDE.
- Rangzan K, Kabolizadeh M, Karimi D, Zareie S. 2019. Supervised cross-fusion method: a new triplet approach to fuse thermal, radar, and optical satellite data for land use classification. *Environmental monitoring and assessment*, 191(8), 1-12.
- Sicre C. M, Fieuzal R, Baup F. 2020. Contribution of multispectral (optical and radar) satellite images to the classification of agricultural surfaces. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 84, 101972.
- Shao Z, Wu W, Guo S. 2020. IHS-GTF: A fusion method for optical and synthetic aperture radar data. *Remote Sensing*, 12(17), 2796.
- Sarzynski T, Giam X, Carrasco L, Lee J. 2020. Combining radar and optical imagery to map oil palm plantations in Sumatra, Indonesia, using the Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 12(7), 1220.
- Shakriyari M, Ehsani A, Afsari R. 2018. Determination of optimal method of classification and mapping of land cover with a comparison of artificial neural network and support vector machine algorithms by satellite data Case study: (international Hamoun wetland). *Journal of Environmental Science and Technology*, 4(79), 193-208. (In Persian)
- Saraskanrood S, khodabandelo B, Naseri A, moradi A. 2019. Extracting Land Use Map based on a comparison between Pixel-Based and Object-Oriented Classification Methods Case Study: Zanjan City, *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28(110), 195-208. (In Persian)
- Teimouri M, Mokhtarzade M, Valadan Z. 2017. Building Detection in Urban Areas using Features Fusion of Optical and Radar Images in Neural Networks. *Journal of Geospatial information technology*, 4 (4), 33-51. (In Persian)
- Tewabe D, Fentahun T. 2020. Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia. *Cogent Environmental Science*, 6(1), 1778998.
- Tao Z, Jun L, Keming Y, Wenshan L, Yuyu Z. 2015. Fusion algorithm for hyperspectral remote sensing image combined with harmonic analysis and gram-schmidt transform. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 44(9), 1042.18(1), 11.
- Wu R, Liu G, Zhang R, Wang X, Li Y, Zhang B, Xiang, W. 2020. A deep learning method for mapping glacial lakes
- Wang L, Jia Y, Yao Y, Xu D. 2019. Accuracy Assessment of Land Use Classification Using Support Vector Machine and Neural Network for Coal Mining Area of Hegang City, China. *Nature Environment , Pollution Technology*, 18(1).
- Yue S, Li P, Hao P. 2003. SVM classification: Its contents and challenges. *Applied Mathematics-A Journal of Chinese Universities*, 18(3), 332-342.
- Yu H, Kim S. 2012. SVM Tutorial-Classification, Regression and Ranking. *Handbook of Natural computing*, 1, 479-506.

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

Formatted: Font: 11 pt, Complex Script Font: 11 pt

- Yilmaz V, Serifoglu Yilmaz C, Güngör O, Shan J. 2020. A genetic algorithm solution to the gram-schmidt image fusion. *International Journal of Remote Sensing*, 41(4), 1458-1485.
- Zhang H, Li J, Wang T, Lin H, Zheng Z, Li Y, Lu Y. 2018. A manifold learning approach to urban land cover classification with optical and radar data. *Landscape and Urban Planning*, 172, 11-24.

Abstract

Classification and separation of land cover is one of the most important applications of remote sensing. To perform classification, multispectral satellite data are an efficient tool, but unfortunately, they are not available in some conditions, such as cloudy weather. Also, most remote sensing data classification algorithms operate based on the characteristics and spectral information of pixels, which causes the useful spatial information that can be extracted from the images to be ignored, including; The texture of the pictures. The simultaneous use of texture and spectral information is a topic that has been less discussed. Therefore, considering this idea, two methods were used to select the optimal features for preparing the land cover map. The first method is the normalized reflection of complications according to the extracted features and the second method is applying the Optimum Index Factor on the extracted textural and spectral features. For this purpose, the classification process using the Support Vector Machine method, on the Sentinel-1 radar image and the Sentinel-2 multispectral image, the optimal features selected by the two methods and the combination of image bands with the optimal features selected by It was done by two methods and finally by combining the best combination of radar and optical bands. According to the obtained results, the classification using spectral features is more accurate than the classification using texture features. By combining the optical and radar features and obtaining values of 97.07% for the overall accuracy and 0.96% for the Kappa coefficient, the classification accuracy was improved to a great extent. This research showed that by choosing optimal features and combining spectral and radar data, different features of each data can be used and better results can be achieved. Also, the combination of texture feature from radar image and spectral feature from optical image can have a very good effect in improving the results of land cover classification.

Keywords: Texture features, land covers in urban environments, classification, support vector machine (SVM) method, feature selection.

شناسایی و تفکیک پوشش های زمین با استفاده از تلفیق تصاویر اپتیک و رادار

پیشینه و هدف: امروزه داده های ماهواره ای در سنجش از دور به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. شناسایی پدیده ها در حوزه مدیریت توسعه شهری، منابع طبیعی و زیست محیطی از جایگاه ویژه ای برخوردار است. تهیه نقشه صحیح و دقیق از کاربری اراضی و استفاده از روش مناسب و به روز به موضوعی بسیار مهم تبدیل شده است. در گذشته روش های معمول برداشت زمینی، به لحاظ زمانی، هزینه و نیروی انسانی مقرون به صرفه نبودند اما با ظهور فناوری سنجش از دور ضمن آنکه سختی های بازدید صحرایی را به کمترین سطح کاهش داده است، توانسته به واسطه ی پوشش گسترده ماهواره ها، یک نمای جامع و دقیق از سایت های مطالعاتی را برای کاربران فراهم سازد. مطالعه حاضر با هدف تفکیک پوشش اراضی در شهرستان اهواز انجام شد. با توجه به این نکته که اکثر الگوریتم های طبقه بندی داده های سنجش از دور بر اساس ویژگی ها و اطلاعات طیفی پیکسل ها عمل می کنند و این مسئله باعث نادیده گرفتن اطلاعات مکانی مفید قابل استخراج از تصاویر، از جمله: بافت تصاویر می شود. استفاده همزمان از بافت و اطلاعات طیفی مبحثی است که به آن کمتر پرداخته شده است. بنابراین با در نظر گرفتن این ایده پژوهش حاضر با هدف انتخاب بهترین ترکیب ویژگی های طیفی و بافتی جهت بهبود دقت طبقه بندی پوشش زمین انجام شد.

مواد و روش: داده های استفاده شده در تحقیق حاضر شامل تصاویر ماهواره سنتینل-۱ مربوط به تاریخ ۱۸ خرداد ۱۴۰۰ و سنتینل-۲ مربوط به تاریخ ۱۹ خرداد ۱۴۰۰ می باشد. تصاویر اخذ شده نیازمند پیش پردازش هستند بنابراین ابتدا پیش پردازش های لازم شامل تصحیح اتمسفری (تصویر سنتینل-۲) به روش Sen2core اعمال شد. مهمترین مراحل پیش پردازشی که بر روی تصاویر سنتینل-۱ انجام شد عبارت است از کالیبراسیون سیگما صفر، فیلاتر اسپکل، تصحیح اثر ناهموازی زمین و تبدیل به واحد dB می باشند لازم به ذکر است که کلیه پیش پردازش ها در محیط نرم افزار SNAP بر روی تصاویر اعمال شدند. در مرحله دوم، از تصاویر مورد استفاده ویژگی های طیفی و بافتی استخراج و ویژگی های بهینه مشخص شدند و در مرحله سوم، با استفاده از الگوریتم Schmidt-Gram و ویژگی های بهینه تلفیق شدند. در مرحله چهارم، با استفاده از روش طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان نقشه های مختلف پوشش زمین در محیط نرم افزار ENVI 4.8 تهیه شد. در نهایت در مرحله پنجم، هر کدام از نقشه های پوشش تهیه شده با استفاده از شاخصهای دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولید کننده و دقت کاربر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث: در تحقیق حاضر از دو روش ضریب شاخص بهینه و نمودار بازتاب نرمال عوارض به منظور انتخاب ویژگی های بهینه استفاده شده است. در روش اول (ضریب شاخص بهینه) با توجه به بالاترین مقدار ضریب شاخص بهینه ۳ ویژگی برای هریک از ویژگی طیفی و بافت استفاده شد که این ویژگی ها عبارت اند از، زاویه تماس لحظه-VH و کتراست-Vh و زاویه تماس لحظه-VV. در بین شاخص های طیفی، ۳ شاخص که بیشترین مقدار شاخص ضریب بهینه را داشتند به عنوان ویژگی بهینه برای طبقه بندی انتخاب شدند. این شاخص ها عبارت اند از، NDWI و BI2 و NDVI. در روش دوم (نمودار بازتاب نرمال عوارض) ۵۰ نمونه برای هر کلاس انتخاب شد و میانگین بازتاب آن در ویژگی های مورد نظر برداشت شد سپس بعد از نرمال کردن مقادیر بازتاب، بصورت نمودار نشان داده شد. از میان ۱۶ آماره بافت استخراج شده از تصویر Sentinel-1 آماره واریانس در قطبش VH، آماره واریانس در قطبش VV، آماره میانگین در قطبش VV و آماره زاویه تماس لحظه ای در قطبش VV به دلیل مقدار همبستگی کمتر و در نتیجه توانایی تفکیک بیشتر عوارض برای انجام طبقه بندی انتخاب گردید. از میان ۱۴ شاخص طیفی استخراج شده از تصویر

Sentinel-2 شاخص‌های طیفی NDWI2 و NDBI, MNDWI, BU. بدلیل مشابهت زیاد در منحنی بازتاب طیفی، حذف شدند و طبقه‌بندی با ۱۰ شاخص دیگر انجام گرفت. در این پژوهش با تلفیق بهترین ترکیب باندهای راداری سنتینل-۱ و بهترین ترکیب باندهای تصویر چندطیفی سنتینل-۲ طبقه‌بندی انجام شد. بدین منظور با توجه به ارزیابی نتایج بدست آمده بهترین ترکیب باندهای مشخص شده و با استفاده از الگوریتم Gram-Schmidt تلفیق انجام داده و طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان پیاده‌سازی گردید (شکل ۸). در این طبقه‌بندی خروجی بدست آمده دارای کمترین خطا می‌باشد. کلاس‌های مختلف به خوبی طبقه‌بندی شدند، هم‌چنین تداخل بین کلاس‌ها کمتر دیده می‌شود. تنها تداخل کمی بین کلاس زمین بایر و کلاس ساخت و ساز مشاهده می‌شود. دقت کلی بدست آمده ۹۷/۰۷ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۶ می‌باشد.

نتیجه‌گیری: هدف از این پژوهش دست‌یابی به دقت بالا در طبقه‌بندی پوشش زمین با استفاده از تلفیق بهترین ویژگی‌بافت تصویر SAR و بهترین ویژگی طیفی تصویر سنتینل-۲ می‌باشد. این هدف با استخراج ویژگی‌های بافت با استفاده از ماتریس رخداد هم‌زمان از تصویر راداری سنتینل-۱ و شاخص‌های طیفی از تصویر سنتینل-۲ اعمال گردید. در این پژوهش برای انتخاب ویژگی‌های بهینه برای تولید نقشه پوشش زمین از دو روش استفاده شد. روش اول بازتاب نرمال شده عوارض با توجه به ویژگی‌های استخراج شده و روش دوم اعمال شاخص ضریب بهینه (OIF) بروی ویژگی‌های بافت و طیفی استخراج شده می‌باشد. به این منظور فرایند طبقه‌بندی با استفاده از روش ماشین بردار (SVM)، بروی تصویر راداری سنتینل-۱ و تصویر چندطیفی سنتینل-۲ انجام گرفت. ویژگی‌های بهینه انتخاب شده بادو روش آن و ترکیب باندهای تصویر با ویژگی‌های بهینه انتخاب شده با دو روش آن طبقه‌بندی صورت گرفت. و در آخر با تلفیق بهترین ترکیب باندهای رادار و اپتیک انجام گرفت. الگوریتم استفاده شده در این تحقیق Gram-Schmidt که یکی الگوریتم‌های تلفیق در سطح پیکسل می‌باشد، برخلاف تبدیل فضای رنگی IHS، در تعداد باندهای طیفی که می‌توانند در یک زمان از طریق این تبدیل پردازش شوند، محدودیتی وجود ندارد. از ماتریس خطا که حاصل مقایسه پیکسل‌های واقعیت زمین و پیکسل‌های متناظر در خروجی روش‌های طبقه‌بندی پوشش زمین است، پارامترهای دقت کلی، ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت کاربر برای کلیه روش‌های مورد استفاده در این پژوهش برآورد شدند. با توجه به نتایج بدست آمده، با تلفیق ویژگی‌های اپتیک و رادار دقت کلی ۹۷/۰۷ درصد و ضریب کاپای ۰/۹۶ طبقه‌بندی بهبود داده شد.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های بافتی، پوشش‌های زمین در محیط‌های شهری، طبقه‌بندی، روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)، انتخاب ویژگی.

Identification and separation of land covers by combining optical and radar images

Background and purpose: Today, satellite data are widely used in remote sensing. Identification of phenomena in the field of urban development management, natural resources and environment has a special position. Preparing a correct and accurate map of land use and using an appropriate and up-to-date method has become a very important issue. In the past, the usual methods of land collection were not economical in terms of time, cost and manpower, but with the advent of remote sensing technology, while reducing the difficulties of field visits to the lowest level, it has been able to provide a comprehensive and accurate view due to the wide coverage of satellites. To provide study sites for users. The present study was carried out with the aim of distinguishing land cover in Ahvaz city. Considering the fact that most remote sensing data classification algorithms operate based on the characteristics and spectral information of pixels, and this problem ignores useful spatial information that can be extracted from images, including; The texture of the pictures. The simultaneous use of texture and spectral information is a topic that has been less discussed. Therefore, considering this idea, the current research was conducted with the aim of choosing the best combination of spectral and textural features to improve the accuracy of land cover classification.

Materials and methods: The data used in the present research include Sentinel-1 satellite images related to June 18, 1400 and Sentinel-2 related to June 19, 1400. The captured images need pre-processing, so first the necessary pre-processing including atmospheric correction (Sentinel-2 image) was applied using Sen2core method. The most important pre-processing steps that were performed on Sentinel-1 images are zero sigma calibration, speckle filter, correction of the unevenness of the ground and conversion to dB unit. It should be noted that all pre-processing was applied to the images in SNAP . In the second step, spectral and textural features were extracted from the used images and the optimal features were determined, and in the third step, the optimal features were combined using the Schmidt-Gram algorithm. In the fourth step, different land cover maps were prepared using the support vector machine classification method in ENVI 4.8 software environment. Finally, in the fifth step, each of the prepared coverage maps were evaluated using the general accuracy indices, Kappa coefficient, manufacturer's accuracy and user's accuracy.

Results and discussion: In this research, two methods of optimum index coefficient and normal reflection diagram of complications were used in order to select optimal characteristics. In the first method (optimal index coefficient), according to the highest value of the optimum index coefficient, 3 features were used for each of the spectral and texture features, and these features are moment contact angle-VH and contrast-Vh and moment contact angle. -VV. Among the spectral indices, 3 indices that had the highest value of the optimal coefficient index were selected as the optimal feature for classification. These indices are NDWI, BI2 and NDVI. In the second method (normalized reflection diagram of complications), 50 samples were selected for each class and the average of its reflection in the desired features was taken, then after normalizing the reflection values, it was shown as a graph. Among the 16 texture statistics extracted from the Sentinel-1 image, variance statistics in VH polarization, variance statistics in VV polarization, mean statistics in VV polarization and momentary contact angle statistics in VV polarization due to the lower correlation value and as a result, the ability to separate more complications to perform Classification was selected. Among the 14 spectral indices extracted from the Sentinel-2 image, the BU, MNDWI, NDBI and NDWI2 spectral indices were removed due to the great similarity in the spectral reflectance curve, and the classification was done with 10 other indices. In this research, classification was done by combining the best combination of Sentinel-1 radar bands and the best combination of Sentinel-2 multispectral image bands. For this purpose, according to the evaluation of the obtained results, the best combination of bands was identified and combined using the Gram-Schmidt algorithm, and the classification was implemented using the support vector machine method (Figure 8). In this classification, the obtained output has the least error. Different classes were well classified, also the interference between classes is less visible. There is only a slight overlap between the barren land class and the construction class. The overall accuracy obtained is 97.07% and the kappa coefficient is 0.96.

Conclusion: The aim of this research is to achieve high accuracy in land cover classification by combining the best texture feature of SAR image and the best spectral feature of Sentinel-2 image. This goal was implemented by extracting the texture features using the Hammarman occurrence matrix from the Sentinel-1 radar image and spectral indices from the Sentinel-2 image. In this research, two methods were used to select the optimal features for the production of the land cover map. The first method is the normalized reflection of complications according to the extracted features, and the second method is applying the optimal factor index (OIF) on the extracted spectral texture features. For this purpose, the classification process was performed using the vector machine (SVM) method on Sentinel-1 radar image and Sentinel-2 multispectral image. The optimal features selected by its method and the combination of image bands with the optimal features selected by its two methods were classified. And finally, it was done by combining the best combination of optical radar bands. The Gram-Schmidt algorithm used in this research, which is one of the integration algorithms at the pixel level, unlike the IHS color space conversion, there is no limit in the number of spectral bands that can be processed at one time through this conversion. From the error matrix, which is the result of the comparison of ground reality pixels and the corresponding pixels in the output of land cover classification methods, parameters of overall accuracy, kappa coefficient, manufacturer's accuracy and user's accuracy were estimated for all the methods used in this research. According to the obtained results, the overall accuracy of 97.07% and Kappa coefficient of 0.96 was improved by combining the optical and radar features.

Keywords: Texture features, land covers in urban environments, classification, support vector machine (SVM) method, feature selection.