نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال یازدهم، شماره نخست، بهار ۱۴۰۲

Vol.11, No.1, Spring 2023

۱ -۱۷

مقاله پژوهشی

DOR: *20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2*

ارتقای دقت طبقه‌بندی عوارض شهری با استفاده از تلفیق تصاویر اپتیکی و راداری با قدرت تفکیک مکانی بالا

فتانه کیاء [۱*]، محمد جواد ولدان زوج [۲]، فهیمه یوسفی [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- استاد گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشجوی دکتری فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۲۴

چکیده

رشد جمعیت و توسعه محیط‌های شهری، برای محققان انگیزه زیادی را در زمینه اطلاعات مکانی برای ارائه روش‌هایی جهت استخراج عوارض ایجاد کرده است. تکنولوژی سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به ابزار مهمی جهت کسب اطلاعات مورد نیاز به منظور استخراج عوارض تبدیل شده است. وجود برخی موانع در تصاویر نوری ماهواره‌ای مانند شرایط آب و هوایی و وجود ابر و سایه، مانع از کسب اطلاعات از سطح زمین می‌شود. برای حل این مشکل، به بررسی توانایی عملکرد تصاویر راداری جهت کمک به استخراج عوارض شهری توسط تصاویر نوری به ویژه تشخیص پیکسل‌های واقع شده در مناطق سایه و ابر پرداخته شد. در این مقاله تصاویر وردویو-۳ و الوس-۲ به صورت تک پلاریزاسیون و چهار پلاریزاسیون در نظر گرفته شد تا به کمک ویژگی‌های بهینه استخراج شده از آن‌ها، به طبقه‌بندی گیاه، ساختمان، راه و خاک با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی و تصمیم‌گیری پرداخته شود. ویژگی‌های مستخرج از تصویر نوری شامل پارامترهای بافت حاصل از ماتریس هم‌رخداد و ویژگی‌های راداری شامل پارامترهای بافت برای تصویر تک‌پلاریزاسیون، پارامترهای حاصل از روش‌های تجزیه هدف، ویژگی‌های تفکیک‌کننده و ویژگی‌های اصلی برای تصویر با چهارپلاریزاسیون است. در طبقه‌بندی به کمک ویژگی‌های نوری و راداری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی، دقت کلی ۸۳٫۹۶ درصد بدست آمد و تا حدودی قادر به شناسایی درست پیکسل‌ها در مناطق سایه و ابر است؛ درحالیکه در طبقه‌بندی به کمک ویژگی‌های نوری، دقت کلی ۸۱٫۰۲ درصد بدست آمد. نتایج حاصل شده از طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری، بسیار پایین و غیرقابل قبول است. نتایج در این مقاله نشان دادند که استفاده از تصاویر راداری در کنار تصاویر نوری در طبقه‌بندی عوارض با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی تا حدودی باعث بهبود دقت شد و بسته به شرایط مختلف ممکن است نتایج متفاوتی از تلفیق تصاویر نوری و راداری بدست آید.

کلید واژه‌ها : استخراج ویژگی، تصاویر نوری و راداری، تلفیق در سطح ویژگی و در سطح تصمیم‌گیری.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه فتوگرامتری و سنجش‌ازدور، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ، تهران، ایران.

تلفن: ۰۲۱۸۸۸۷۷۰۷۱

Email: Fattane_kia@yahoo.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]

[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

۱- مقدمه

لازمه پیشرفت هر جامعه داشتن اطلاعات دقیق و بهنگام از محیط پیرامون خود می‌باشد که جمع‌آوری این اطلاعات در تصمیم‌گیری‌ها و مدیریت بحران‌ها کمک شایانی می‌کند. در این راستا ضرورت توسعه و روش‌های اتوماتیک در جمع‌آوری اطلاعات عوارض شهری احساس می‌شود. تکنولوژی سنجش از دور به وسیله مهمی برای اخذ سریع و مناسب اطلاعات تبدیل شده است. بدین منظور در یکی دو دهه اخیر، استخراج اتوماتیک راه‌ها، ساختمان‌ها و فضای سبز از تصاویر ماهواره‌ای، موضوع تحقیقات بنیادین گسترده‌ای در این زمینه بوده است. با وجود اینکه تاکنون روش‌های بسیار متنوعی برای استخراج عوارض استفاده شده‌اند اما وجود موانع و پیچیدگی‌ها، روند آن را با مشکلات فراوانی مواجه کرده است. تصاویر نوری ماهواره‌ای با رزولوشن بالا محدودیت‌هایی از قبیل شرایط آب و هوایی، طولانی بودن دوره بازبینی و غیره دارد. این تصاویر در مناطق ابری و بارانی و دارای سایه، محتوا و اطلاعات زمینی کمتری ذخیره می‌کنند و بدست آوردن تصاویر مناسب و واجد شرایط در زمان اندک و شرایط بحرانی، دشوار خواهد بود *[1]*. اگر تصاویر نوری با رزولوشن بالا، شامل سایه باشند، نمی‌توانند خیلی موثر و کاربردی واقع شوند. به طور مثال طبقه‌بندی پوشش زمینی در مناطق دارای سایه انجام نمی‌شود؛ زیرا اطلاعات مربوط به زمین در این مناطق از بین می‌رود *[2]*. اکثر تحقیقات روی تصحیح سایه در تصاویر نوری که توسط ابرها ایجاد شده‌اند، متمرکز شده‌اند. در یک تحقیق، روش‌های بازسازی و تصحیح ابر و سایه براساس منابع مختلف اطلاعات به سه دسته تقسیم شده است *[3]*. دسته اول روش‌هایی هستند که بدون داده‌های کمکی از بخش باقیمانده تصویر برای پیش‌بینی مناطق دارای سایه استفاده می‌کنند *[4]*. دسته دوم روش‌های چندطیفی هستند که اطلاعات باند دارای ابر را از طریق دیگر باندها در داده چندطیفی بازیابی می‌کنند *[5]*. دسته سوم روش‌های مبنی بر سیستم‌های سنجش از دوری با دوره بازبینی ثابت هستند که به آسانی تصاویر چندزمانه از یک ناحیه اخذ می‌کنند و مناطق دارای سایه در تصویر توسط اطلاعات تصاویر زمانی دیگر جایگزین می‌شوند *[7,6]*. این دسته از روش‌ها اغلب موثرتر از روش‌های دیگر است. در یک پژوهش از یک روش دانش پایه برای کاهش اثر ابرها توسط جایگزین کردن مناطق دارای سایه با مناطق بدون سایه استفاده کرده‌اند *[8]*. در پژوهشی دیگر، پیکسل‌های سایه ایجاد شده توسط ابر را با مقدار میانگین پیکسل‌های همسایه جایگزین کرده‌اند *[9]* .

در یک کار پژوهشی، با ترکیب دو پیش‌بینی که از طریق اطلاعات طیفی-مکانی و اطلاعات طیفی-زمانی بین تصویر دارای ابر و تصویر زمانی دیگر بدست آمده است، پیکسل‌های ابر بازیابی شده‌اند *[10]*. دار[۱] (۲۰۰۵) و همچنین ژو[۲] و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر تحقیقات مختلف را در این زمینه بررسی کرده‌اند *[12,11]*. تصحیح گاما و تصحیح همبستگی خطی روش‌هایی بودند که اغلب مورد استفاده قرار گرفته است. با این وجود، کارهای انجام شده محدود به شرایط و موارد خاصی هستند و تحت محیط و شرایط‌های مختلف آزمایش نشده‌اند *[2]*. در این مقاله، به منظور برطرف ساختن مشکلات ایجاد شده توسط سایه، از تصاویر رادار با روزنه مجازی[۳] (*SAR*) در کنار تصاویر نوری استفاده شده است. این تصاویر تحت تاثیر مه و ابر و سایه و باران قرار نمی‌گیرند و به سرعت اطلاعات بدست می‌آورند و این امر ما را به سوی تلفیق تصاویر نوری و راداری سوق می‌دهد *[1]*.

تلفیق تصاویر چندمنبعی که به عنوان فرآیند ترکیب اطلاعات مرتبط از دو یا چند تصویر در یک تصویر تعریف می‌شود، توجه زیادی را در حیطه تحقیقات سنجش از دوری به دلیل بالا رفتن میزان دسترسی به

[۱] *Dare*

[۲] *Zhou*

[3] *Synthetic Aperture Radar*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

تصاویر سنجنده‌های تصویربرداری فضایی به خود معطوف داشته‌اند *[13]*. در تحقیق حاضر برای استخراج عوارض و طبقه‌بندی از تلفیق دو تصویر نوری و راداری استفاده شده است. هدف دیگر این مقاله، مقایسه سطوح مختلف تلفیق است تا یک مرجع علمی برای دامنه وسیعی از مطالعات داده‌های نوری و راداری فراهم کند. با استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر نوری و راداری به طبقه‌بندی گیاه، ساختمان، راه و خاک با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی و در سطح تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی به کمک ماشین بردار پشتیبان پرداخته شده است. ابتدا با ویژگی‌های بهینه نوری و راداری، روند طبقه‌بندی انجام شده است. از طرف دیگر عملیات طبقه‌بندی با ویژگی‌های بهینه راداری به طور جداگانه تکرار شده است. سپس در مناطقی از تصویر نوری که دارای سایه و ابر است، خروجی طبقه‌بندی با ویژگی‌های بهینه راداری، جایگزین خروجی طبقه‌بندی با ویژگی‌های بهینه نوری و راداری شده است تا نقش تصاویر راداری در طبقه‌بندی مناطق دارای سایه و ابر بررسی گردد. همچنین فرآیند طبقه‌بندی با ویژگی‌های بهینه نوری هم به طور جداگانه انجام شده است تا به میزان عملکرد تصویر نوری در شناسایی عوارض در مناطق دارای سایه و ابر پی برده شود.

این مقاله در پنج بخش تدوین شده است. بخش اول مقدمه و مروری بر تحقیقات انجام شده می‌باشد که بدان اشاره شد. در بخش دوم مروری کلی بر مبانی تئوریک، روش تحقیق و فلوچارت کلی الگوریتم پیشنهادی آورده شده است. بخش سوم پیاده‌سازی الگوریتم می‌باشد. بخش چهارم نتایج بدست آمده و ارزیابی می‌باشد و بخش پنجم نتیجه‌گیری و پیشنهادات است. در این بخش پس از جمع‌بندی و ارزیابی کلی روش پیشنهادی، به ارائه پیشنهادات در این زمینه اختصاص داده شده است.

۲- الگوریتم پیشنهادی

در این بخش اصول کلی و مبانی تئوریک روش‌های به کار رفته در روند پیاده سازی الگوریتم ارائه شده است. فلوچارت‌هایی که در شکل‌های(۱) و (۲) ارائه شده است، مراحل مختلف پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی را نمایش می‌دهد.

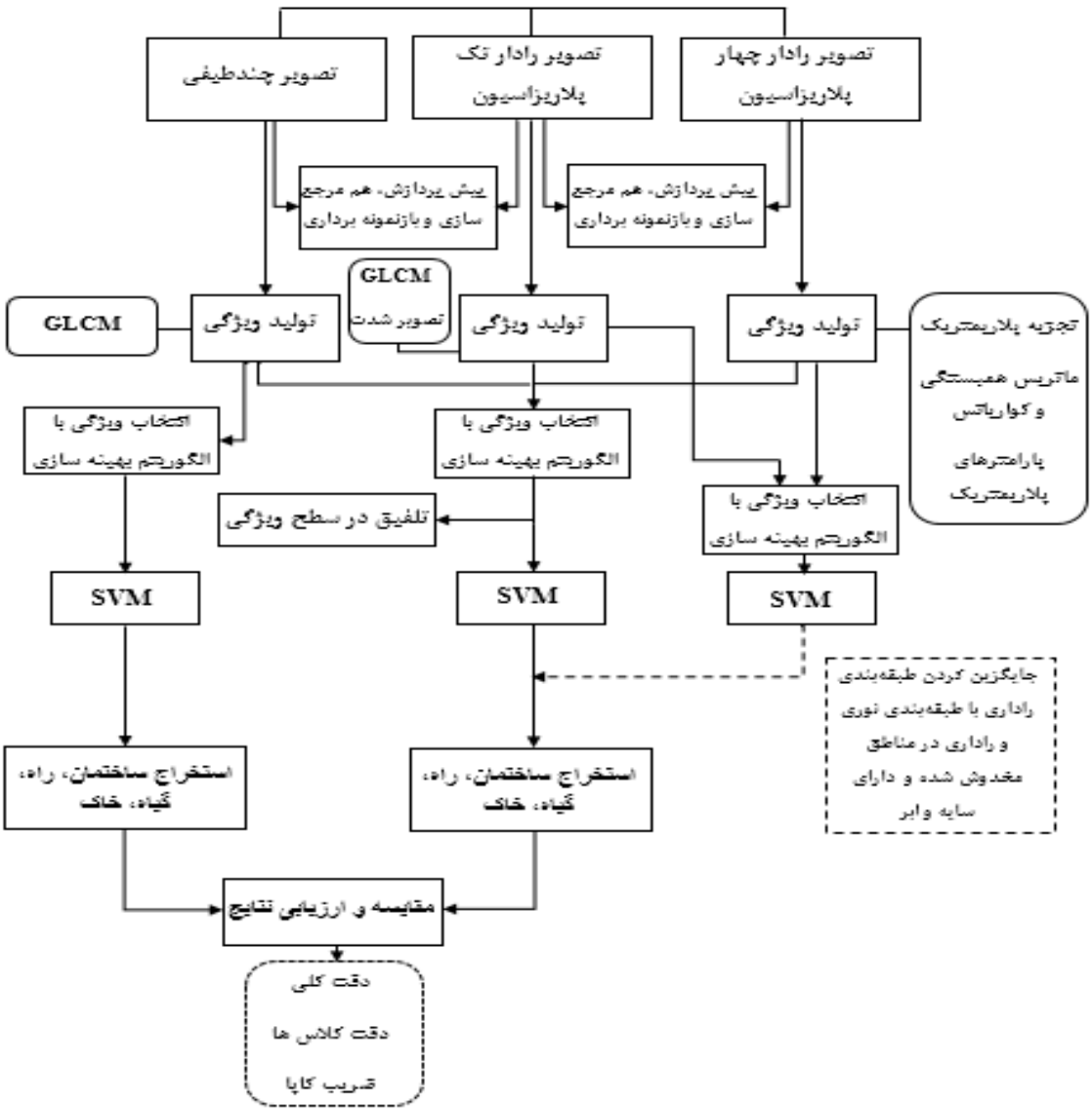
در ادامه ضمن توضیح مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی مطابق با شکل‌های(۱) و (۲)، مبانی تئوری تحقیق نیز ارائه خواهد شد.

به منظور آماده‌سازی تصاویر مورد استفاده برای تلفیق و طبقه‌بندی، پیش پردازش‌هایی مورد نیاز است که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد. به جهت طبقه‌بندی، از تصاویر نوری و راداری با روزنه مجازی ویژگی استخراج می‌گردد. ویژگی‌هایی که از تصویر نوری و تصویر راداری با روزنه مجازی تک پلاریزاسیون استخراج می‌شود، ویژگی‌های حاصل از آنالیز بافت و تصویر شدت است که در ادامه توضیح داده شده است.

۲-۱- آنالیز بافت

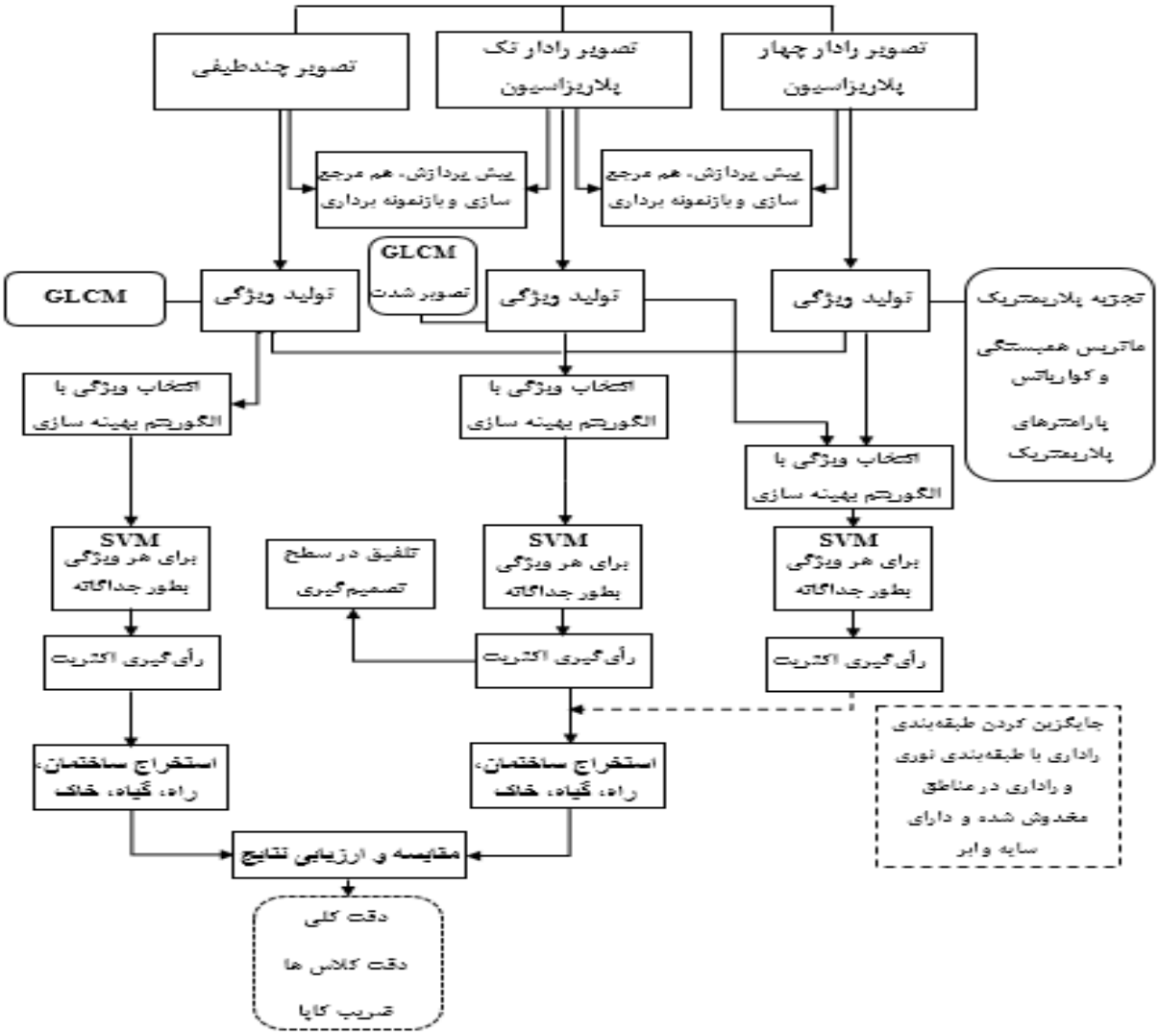
از آنالیز بافت تصویر برای تشخیص یا تمییز دادن سطوح و اشیا درون تصویر از یکدیگر استفاده می‌گردد. به صورت کلی، به روش‌هایی که یک سری ویژگی جهت تعریف بافت تصویر یا الگوی تکراری معرفی می‌کنند، عنوان روش‌های آنالیز بافت تصویر اطلاق می‌شود. بنابراین در اکثر روش‌های آنالیز تصویر، تلاش بر آن است تا یک بردار ویژگی که بتواند به بهترین نحو معرف بافت یا الگوی تکراری باشد، استخراج گردد *[14]*. روش‌های آنالیز بافت بسته به روشی که برای استخراج ویژگی بافت استفاده می‌کنند، با یکدیگر فرق دارند. به طور کلی روش‌های آنالیز بافت را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد: ۱. روش‌های آماری ۲. روش‌های ساختاری ۳. روش‌های مبتنی بر مدل ۴. روش‌های مبتنی بر تبدیل *[15]*.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]



شکل۱: فلوچارت مراحل کلی روش پیشنهادی با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]



شکل۲: فلوچارت مراحل کلی روش پیشنهادی با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری

روش آنالیز بافت به کار گرفته شده در الگوریتم پیشنهادی، آماری می‌باشد. توصیفگرهای آماری مرتبه دوم که از طریق ماتریس هم‌رخداد[1] (*GLCM*) بدست می‌آیند و جزو روش‌های آماری هستند، در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. این توصیفگرها شامل میانگین، واریانس، همگنی، عدم شباهت، همبستگی، ممان دوم، کنتراست و آنتروپی است. ویژگی‌های قابل استخراج از تصویر راداری با روزنه مجازی با چهار پلاریزاسیون، ویژگی‌های پلاریمتری می‌باشند که در ادامه آمده است.

۲-۲- ویژگی‌های پلاریمتری

سیستم‌های پلاریمتری و یا سیستم‌های راداری با پلاریزاسیون چهارگانه، قابلیت ارسال و دریافت امواج را در پلاریزاسیون خطی افقی (*H*) و قائم (*V*) دارند. ثبت اطلاعات دامنه و فاز چهار ویژگی *HH*، *HV*، *VH* و *VV* در قالب ماتریس‌های پلاریمتری منبعی بسیار مفید جهت شناخت پراکنش‌های راداری اهداف مختلف می‌باشد. برای استفاده از این اطلاعات ویژگی‌های

[1] *Gray-Level Co-occurrence Matrix*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

مختلفی از داده پلاریمتری استخراج می‌شود که می‌توان آن‌ها را به سه دسته تقسیم کرد : ۱- ویژگی‌هایی که مستقیما از داده اصلی بدست می‌آیند، شامل ماتریس همبستگی و ماتریس کواریانس ۲- تفکیک‌کننده‌های پلاریمتری مانند توان کلی، ارتفاع پایه‌ای، شاخص پوشش گیاهی راداری و ۳- ویژگی‌های حاصل از روش‌های تجزیه هدف، از قبیل روش کلود[1] ، کلود- پوتییر[2] ($H/A/\alpha$)، ونزیل[3] ، یاماگوچی[4] ، فریمن- دوردن[5] و توزی[6] *[16]*. ویژگی‌هایی که در این تحقیق از تصاویر راداری با روزنه مجازی استخراج شد، شامل هر سه دسته ویژگی‌های پلاریمتری می‌شوند.

با توجه به فلوچارت، مرحله بعد، انتخاب ویژگی بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی است. به منظور رسیدن به دقت مطلوب در فرآیند استخراج عوارض، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک، بهترین ویژگی‌های نوری و راداری بدست می‌آیند. الگوریتم‌های ژنتیک با یک سری متغیرهای کد شده یا همان رشته‌های باینری کار می‌کنند و در طی فرآیند جستجو، رشته‌های متناسب با شایستگی بالا را برمی‌گزینند *[17]*. ساختار کلی الگوریتم ژنتیک از اجزایی نظیر کروموزوم، جمعیت و تابع شایستگی تشکیل شده است. در الگوریتم‌های ژنتیک، در طی مرحله تولید مثل از عملگرهای ژنتیک نظیر عملگر ادغام و جهش استفاده می‌شود. با تاثیر این عملگرها بر روی یک جمعیت، نسل بعدی آن جمعیت تولید می‌شود *[17]*.

طبق فلوچارت شکل‌های(۱) و (۲) با کمک ویژگی‌های بهینه حاصل شده، طبقه‌بندی از طریق تلفیق ویژگی‌ها انجام می‌شود.

[1] *Cloude*
[2] *Cloude - Pottier*
[3] *VanZyl*
[4] *Yamaguchi*
[5] *Freeman - Durden*
[6] *Touzi*

۲-۳- سطوح تلفیق تصاویر

تلفیق تصویر، فرآیند معامله داده و اطلاعات از منابع چندگانه به منظور رسیدن به اطلاعات مفید/بهبود یافته برای تصمیم‌گیری است. تعریف کلی تلفیق تصویر به این صورت است که " تلفیق تصویر، ترکیب دو یا چند تصویر مختلف برای تشکیل یک تصویر جدید با استفاده از یک الگوریتم معین است ".

تلفیق تصویر در سه سطح پردازش مختلف صورت می‌گیرد: ۱- پیکسل ۲- ویژگی ۳- تصمیم‌گیری *[18]*. تلفیق در سطح پیکسل، در پایین‌ترین سطح پردازش قرار دارد. تلفیق در سطح ویژگی، ویژگی‌ها به صورت یکجا باهم تلفیق و وارد عملیات طبقه‌بندی می‌شوند و تلفیق در سطح تصمیم‌گیری، ابتدا ویژگی‌ها به صورت جداگانه وارد عملیات طبقه‌بندی می‌شوند، سپس براساس خروجی طبقه‌بندی‌ها، در مورد ماهیت پیکسل‌ها تصمیم‌گیری می‌شود. سطحی که برای تلفیق ویژگی‌ها در الگوریتم پیشنهادی در نظر گرفته شد و در شکل‌های(۱) و (۲) نمایش داده شد، تلفیق در سطح ویژگی و در سطح تصمیم‌گیری می‌باشد.

در مرحله تلفیق، ویژگی‌ها به صورت یکجا و جداگانه وارد طبقه‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان می‌شوند تا کلاس و ماهیت پیکسل‌ها مشخص شود. نحوه عملکرد ماشین بردار پشتیبان در ادامه شرح داده شده است.

۲-۴- طبقه‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان[7] (*SVM*)

ماشین بردار پشتیبان توسط ریاضیدان وپنیک در سال ۱۹۹۵ ارائه شده است و به عنوان یک روش یادگیری ماشین مبتنی بر تئوری خطای ساختاری است. راحت‌ترین سناریو برای طبقه‌بندی به وسیله ماشین بردار پشتیبان زمانی اتفاق می‌افتد که کلاس‌ها به صورت خطی قابل جدا کردن باشند. هدف ماشین بردار پشتیبان با داده‌هایی که به صورت خطی تفکیک پذیر

[7] *Support Vector Machine*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

هستند، ایجاد ابرصفحه است به گونه‌ای که $h : f(x) = w...x + b = 0$، که x داده عمومی، w وزن بردار نرمال بر h، و b مقدار ثابتی است که ($b / \|w\|^2$) فاصله h از مبدا را نشان می‌دهد. فاصله بین دو ابرصفحه $h_1 = w.x + b = -1$ و $h_2 = w.x + b = +1$ که با h موازی هستند، "حاشیه" نامیده می‌شود. باید توجه داشت زمانی که حاشیه بزرگتر است، توانایی تعمیم‌پذیری بیشتری از طبقه‌بندی‌کننده انتظار می‌رود. براین اساس، بیشینه کردن حاشیه معادل با کمینه کردن نرم w است.

اساس روش ماشین بردار پشتیبان برای مسائل با دو کلاس است و ممکن است برای طبقه‌بندی‌های چندکلاسه با استفاده از استراتژی یکی در مقابل همه یا یکی در مقابل یکی تعمیم یابد *[17]*.

به منظور طبقه‌بندی تصاویر، چهار کلاس گیاه، ساختمان، راه و خاک در نظر گرفته شد.

به دلیل ضعف ویژگی‌های نوری در طبقه‌بندی پیکسل‌هایی که در سایه و ابر قرار می‌گیرند، از ویژگی‌های راداری برای تشخیص ماهیت پیکسل‌ها در این مناطق استفاده می‌شود. برای این منظور ویژگی‌های بهینه راداری به تنهایی وارد فرآیند طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی و تصمیم‌گیری می‌شوند و در مناطقی که سایه و ابر وجود دارد، خروجی طبقه‌بندی با ویژگی‌های رادار جایگزین خروجی طبقه‌بندی با ویژگی‌های نوری و راداری می‌شود و در نهایت دقت کلاس‌ها محاسبه و ارزیابی می‌شوند. برای یافتن سایه و ابر در تصویر نوری، از یک ماسک استفاده می‌شود که از طریق ترکیب باندی قرمز = باند ۸، سبز = باند ۶ و آبی = باند ۴ به آن دست یافته شد.

همچنین برای بررسی نحوه عملکرد روش پیشنهادی، روند طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های بهینه نوری به تنهایی نیز تکرار شد و خروجی طبقه‌بندی در مناطق دارای سایه و ابر با خروجی مرحله قبل مقایسه شد.

۳- پیاده‌سازی

با توجه به توضیحاتی که در بخش قبل ارائه شد، مراحل الگوریتم پیشنهادی پیاده‌سازی گردید. در این بخش، ابتدا منطقه و داده‌های مورد استفاده معرفی شده است. سپس به انجام پیش پردازش‌های لازم و استخراج ویژگی از تصاویر مورد استفاده پرداخته شده است. در نهایت به کمک ویژگی‌های بهینه، طبقه‌بندی تصاویر نوری و راداری با روزنه مجازی با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی و در سطح تصمیم‌گیری انجام و در بخش بعدی نتایج بررسی و ارزیابی شده است.

۳-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

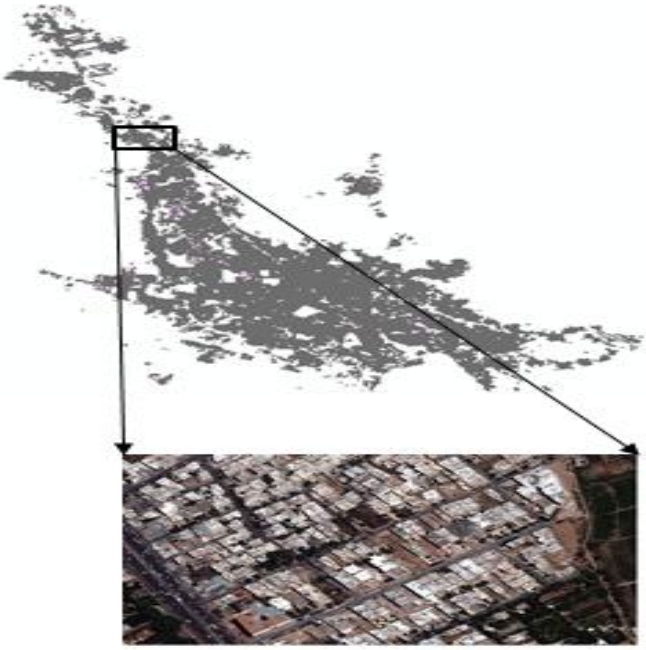
شهر شیراز، مرکز استان فارس دارای طول ۴۰ کیلومتر و عرضی متفاوت بین ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر و مساحت ۱۲۶۸ کیلومتر مربع به شکل مستطیل است. منطقه‌ای که از این شهر مورد بررسی قرار گرفت، منطقه ۱۰ شهر شیراز با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۷ دقیقه و ۶٫۵۵ ثانیه شرقی تا ۵۲ درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۷٫۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۲ دقیقه و ۴۰٫۵۹ ثانیه شمالی تا ۲۹ درجه و ۴۲ دقیقه و ۵۳٫۶۳ ثانیه شمالی است (شکل(۳)).

داده‌های مورد استفاده، شامل یک تصویر نوری چندطیفی سنجنده وردویو-۳[1] است که در سال ۲۰۱۵ اخذ شده است و دارای ۸ باند طیفی است و دو تصویر رادار با روزنه مجازی تک پلاریزاسیون *HH* و چهار پلاریزاسیون سنجنده الوس-۲[2] است که در سال ۲۰۱۵ اخذ شده‌اند. تصویر چندطیفی وردویو-۳ دارای قدرت تفکیک مکانی ۱٫۲۴ متر است و تصویررادار با روزنه مجازی الوس-۲ تک پلاریزاسیون *HH* با قدرت تفکیک مکانی ۳ متر در جهت رنج و ۱ متر در جهت آزیموت برداشت شده است. تصویر رادار با روزنه مجازی الوس-۲ با چهار پلاریزاسیون، با قدرت تفکیک مکانی ۵٫۱

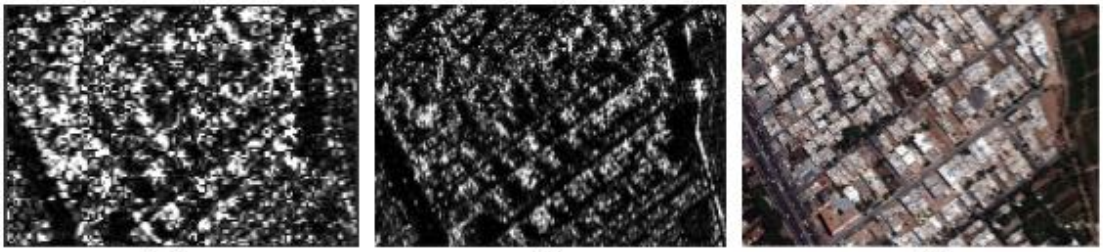
[1] *WorldView-3*
[2] *ALOS-2*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

متر در جهت رنج و ۴٫۳ متر در جهت آزیموت برداشت شده است. ابعاد تصاویر جهت پیاده‌سازی الگوریتم ۴۵۷*۳۱۹ پیکسل است. شکل(۴) تصاویر مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل۳: منطقه مورد مطالعه شهر شیراز



(پ) (ب) (الف)

شکل۴: الف) تصویر چندطیفی با ترکیب رنگی صحیح مربوط به ماهواره وردویو-۳ از منطقه مورد مطالعه ب) شدت تصویر رادار با روزنه مجازی الوس-۲ تک پلاریزاسیون *HH* پ) شدت تصویر رادار با روزنه مجازی الوس-۲ چهارپلاریزاسیون در پلاریزاسیون *HH*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

۳-۲- پیش‌پردازش تصاویر

برای پیش پردازش تصویر چندطیفی وردویو-۳ که زمین مرجع نیز می‌باشد، یکنواخت‌سازی هیستوگرام[1] انجام شد و چون اعمال آن روی تصویر موجب بهبود نمایش تصویر نشد، از انجام این کار صرف نظر شد. در تصاویر راداری، به دلیل برابر نبودن قدرت تفکیک مکانی تصویر در جهت رنج و آزیموت، فرآیند چندمنظری[2] انجام شد. در تلفیق تصاویر نوری و راداری با روزنه مجازی، باید قدرت تفکیک مکانی تصاویر یکسان باشند، در نتیجه از طریق بازنمونه‌برداری[3]، قدرت تفکیک مکانی تصاویر به ۱٫۲۴ متر تبدیل شدند. هدف از کالیبراسیون تصاویر رادار با روزنه مجازی ارائه تصویری است که در آن مقدار پیکسل می‌تواند به طور مستقیم با باز پراکنش رادار در صحنه مرتبط باشد. برای این منظور تصاویر رادار با روزنه مجازی به سیگما نات تبدیل شدند. وجود نویز اسپکل در تصاویر رادار با روزنه مجازی بر کیفیت تصویر خروجی اثرگذار است. بنابراین از فیلتر تصحیح شده لی[4] جهت کاهش این نویز در تصاویر استفاده شد.

۳-۳- استخراج ویژگی

جهت انجام طبقه‌بندی و شناسایی عوارض در تصاویر به استخراج ویژگی از تصاویر نوری و راداری با روزنه مجازی پرداخته شد. برای استخراج ویژگی از تصویر وردویو-۳ ، آنالیز بافت با استفاده از ماتریس هم‌رخداد به کار گرفته شد. برای ۸ باند تصویر چندطیفی، پارامترهای عدم شباهت، آنتروپی، همگنی، واریانس، میانگین، کنتراست، ممان دوم و همبستگی استخراج شد. همچنین ۸ باند تصویر چندطیفی به عنوان ویژگی در نظر گرفته شدند. در نتیجه در مجموع تعداد ۷۲ ویژگی برای تصویر چندطیفی بدست آمد.

ویژگی‌های قابل استخراج از تصویر رادار با روزنه مجازی تک پلاریزاسیون، پارامترهای بافت از ماتریس هم‌رخداد و همچنین داده شدت تصویر خواهد بود. در این راستا برای یک باند تصویر، ۱۰ ویژگی بافت از جمله کنتراست، عدم شباهت، همگنی، ممان دوم زاویه‌ای، انرژی، بیشترین احتمال، آنتروپی، میانگین، واریانس و همبستگی استخراج شد.

ویژگی‌های استخراج شده از تصویر رادار با روزنه مجازی با چهار پلاریزاسیون، ماتریس‌های همبستگی و کواریانس، توان کل[5] ، ارتفاع پایه[6]، نسبت باند HH و VV[7]، نسبت باند HH و HV[8] ، نسبت باند VV و VH[9] ، شاخص پوشش گیاهی راداری[10] (RVI) و پارامترهای روش‌های فریمن- دوردن، ونزیل، یاماگوچی، کلود، توزی و $H/A/\alpha$ هستند که تعداد آن‌ها ۶۶ ویژگی است. در مجموع تعداد ۱۴۹ ویژگی از تصاویر نوری و راداری استخراج شد.

به منظور طبقه‌بندی بهتر، مناسب‌ترین ویژگی‌ها با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک انتخاب شد. پارامترهایی که در الگوریتم ژنتیک تعریف می‌شوند شامل تعداد نسل، تعداد جمعیت هر نسل، نرخ جهش و نرخ ادغام است که به ترتیب ۲۰۰، ۱۰۰، ۰٫۲ و ۰٫۸ در نظر گرفته شد. تابع هزینه که برای الگوریتم بهینه‌سازی تعریف شد به صورت دقت کلی طبقه‌بندی - ۱ می‌باشد که هدف کمینه کردن این تابع می‌باشد. بعد از ۱۰ بار اجرا کردن الگوریتم ژنتیک، بهترین حالت انتخاب شد که در جدول(۱) لیست ویژگی‌های بهینه ارائه شده است.

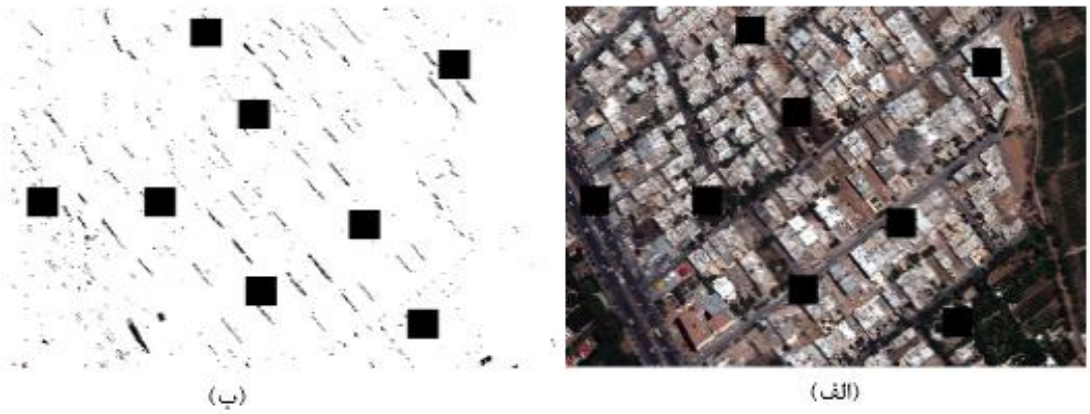
[1] *Histogram Equalization*
[2] *Multilooking*
[3] *Resampling*
[4] *Refined Lee*
[5] *Total Power*
[6] *Pedestal Height*
[7] *Co-Pol HH/VV Ratio*
[8] *Cross-Pol HH/HV Ratio*
[9] *Cross-Pol VV/VH Ratio*
[10] *Radar Vegetation Index*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

جدول۱: ویژگی‌های بهینه استخراج شده از تصاویر نوری و راداری با روزنه مجازی

1. Contrast band 1 optic	*9. Mean band 8 optic*	*16. Lambda 2 (H/A/α)*
2. Second Moment band 1	*10. Homogeneity band 8 optic*	*17. ASM Single-Pol*
3. Mean band 2 optic	*11. Yamaguchi_dbl_r*	*18. Intensity Single-Pol*
4. Mean band 3 optic	*12. Psi 3 (Touzi)*	*19. T11*
5. Second Moment band 4	*13. Psi 1 (Touzi)*	*20. T13*
6. Correlation band 5 optic	*14. Phi 3 (Touzi)*	*21. T33*
7. Mean band 6 optic	*15. Pedestal Height*	*22. C32*
8. Dissimilarity band 6 optic		

این نکته قابل ذکر است که در صورت وجود ابرهای ضخیم در تصاویر نوری و یا وجود سایه عوارض مرتفع که سبب ایجاد نواحی پنهان می‌شوند، برخی مناطق غیرقابل رویت می‌شوند و اطلاعات آن‌ها از بین می‌رود. برای ایجاد چنین شرایطی، چند ناحیه از تصویر نوری به عنوان سایه ناشی از ابر مخدوش شده است. در مرحله بعد به تلفیق ویژگی‌های بدست آمده در سطح ویژگی و در سطح تصمیم‌گیری پرداخته می‌شود. ابتدا طبق مراحلی که در شکل(۱) نشان داده شد ویژگی‌هایی که از مرحله بهینه‌سازی بدست آمدند به منظور تلفیق در سطح ویژگی به صورت یکجا وارد طبقه‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان شدند. برای طبقه‌بندی از کرنل تابع اساس شعاعی استفاده شد. پارامترهای این کرنل شامل c و g است. c پارامتر تابع هزینه است که اثر هر بردار پشتیبان را کنترل می‌کند و g پارامتر آزاد تابع اساس شعاعی گوسین است. مقدار بهینه برای پارامتر c برابر ۶۷۶ و مقدار بهینه برای پارامتر g برابر ۰/۰۰۰۵ است. ماسکی که در طبقه‌بندی برای تشخیص نواحی سایه و ابر از دیگر نواحی استفاده شد و همچنین داده‌های آموزشی و تست که در طبقه‌بندی استفاده شد، در شکل(۵) و جدول(۲) نمایش داده شد.



شکل۵: الف) تصویر چندطیفی وردویو-۳ با نواحی پوشیده شده با ابر ب) ماسک تولید شده از نواحی سایه و ابر

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

جدول۲: داده‌های آموزشی و تست مورد استفاده در طبقه‌بندی

کلاس	داده آموزشی	داده تست
گیاه	۵۰۹	۵۳۱
ساختمان	۴۸۸	۵۱۶
راه	۶۱۵	۱۰۵۲
خاک	۵۱۷	۵۲۵

از آنجایی که در مناطق دارای سایه و ابر، تصمیم‌گیری در مورد ماهیت و کلاس پیکسل‌ها بر عهده تصاویر راداری با روزنه مجازی است، در نتیجه ویژگی‌های بهینه راداری بعد از ۱۰ بار اجرای الگوریتم ژنتیک، از بهترین حالت اجرای الگوریتم استخراج و در سطح ویژگی تلفیق و طبقه‌بندی شدند. مقدار بهینه برای پارامترهای c و g به منظور طبقه‌بندی به ترتیب ۹۴ و ۰/۰۰۸۸ می‌باشند. لیست ویژگی‌های بهینه راداری و تصویر طبقه‌بندی شده با استفاده از آن‌ها در جدول(۳) آورده شد.

جدول۳: ویژگی‌های بهینه استخراج شده از تصاویر راداری با روزنه مجازی

1. Yamaguchi_surf_b	*9. lambda 3 (H/A/α)*	*16. Mean Single-Pol*
2. VanZyl_vol_g	*10. lambda 2 (H/A/α)*	*17. Correlation Single_Pol*
3. Tau 3 (Touzi)	*11. Entropy (H/A/α)*	*18. ASM Single_Pol*
4. Psi 3 (Touzi)	*12. Delta (H/A/α)*	*19. Intensity Single_Pol*
5. Phi 2 (Touzi)	*13. Anisotropy (H/A/α)*	*20. Span*
6. Alpha (Touzi)	*14. Alpha 2 (H/A/α)*	*21. T32*
7. Freeman_surf_b	*15. Homogeneity Single-Pol*	*22. C23*
8. Cloude_surf_b		

در نهایت با تلفیق تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های راداری و تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری و راداری، تصویر طبقه‌بندی شده نهایی بدست می‌آید.
به منظور مقایسه عملکرد ترکیب ویژگی‌های نوری با راداری و ویژگی‌های نوری به تنهایی، ویژگی‌های بهینه نوری با ۱۰ بار اجرای الگوریتم ژنتیک بدست آمدند و به طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی پرداخته شد. مقدار بهینه پارامترهای c و g به ترتیب ۸۶۸ و ۰/۰۶۹۹ است. در جدول(۴) لیست ویژگی‌های بهینه و تصویر طبقه‌بندی شده آورده شد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

جدول۴: ویژگی‌های بهینه استخراج شده از تصویر نوری

1. Mean band 1	*9. Second Moment band 3*	*16. Entropy band 6*
2. Dissimilarity band 1	*10. Correlation band 3*	*17. Correlation band 6*
3. Dissimilarity band 1	*11. Correlation band 4*	*18. Mean band 7*
4. Second Moment band 1	*12. Mean band 5*	*19. Homogeneity band 7*
5. Correlation band 1	*13. Dissimilarity band 5*	*20. Dissimilarity band 7*
6. Homogeneity band 2	*14. Second Moment band 5*	*21. Entropy band 7*
7. Mean band 3	*15. Mean band 6*	*22. Second Moment band 8*
8. Dissimilarity band 3		

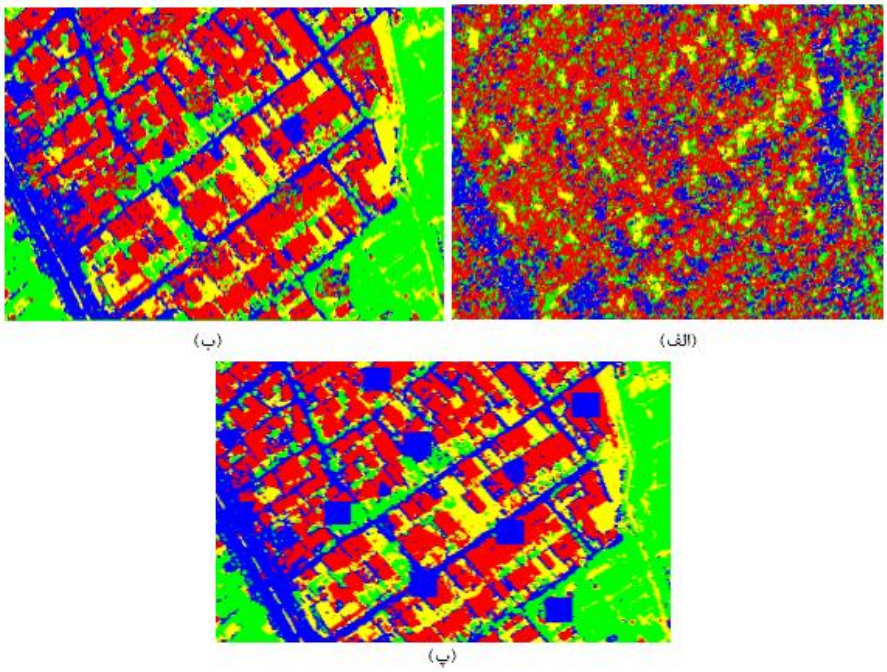
حال طبق فلوچارت شکل(۲)، مراحل طبقه‌بندی و استخراج عوارض با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری و ویژگی‌های حاصل شده که در جداول(۱)، (۳) و (۴) آورده شده است، انجام می‌شود. نتایجی که از دو تلفیق بدست آمده‌اند در بخش بعدی ارائه و بررسی می‌شوند.

۴- نتایج و ارزیابی

در بخش قبلی مراحل انجام تلفیق داده‌ها، طبقه‌بندی و استخراج عوارض طبق الگوریتم ارائه شده در شکل‌های(۱) و (۲) انجام گرفته شد. ابتدا طبقه‌بندی ویژگی‌ها با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی انجام شده است. نتایجی که از طبقه‌بندی ویژگی‌های راداری، ویژگی‌های نوری و راداری و ویژگی‌های نوری بدست آمده است، در شکل(۶) و جداول (۵)، (۶) و (۷) ارائه شده است.

در شکل(۶-الف) که نتیجه طبقه‌بندی با ویژگی‌های راداری است، مشاهده می‌شود که پوشش گیاهی، راه و خاک به خوبی شناسایی نشده‌اند و همانطور که در جدول(۵) آورده شده است، دارای دقت‌های پایینی هستند. در شکل(۶-ب) که حاصل طبقه‌بندی ویژگی‌های نوری و راداری و طبقه‌بندی ویژگی‌های راداری است، به خوبی کلاس‌ها تفکیک شده‌اند. دقت‌های مربوط به کلاس‌ها در جدول(۶) ارائه شده است. به دلیل نویزی بودن ویژگی‌های راداری، شکل(۶-ب) نویزی می‌باشد. در این شکل پیکسل‌های واقع شده در سایه و ابر تا حدودی شناسایی شده‌اند ولی در شکل(۶-پ) که توسط ویژگی‌های نوری بدست آمده است، پیکسل‌های واقع شده در سایه و ابر در کلاس راه قرار داده شده‌اند و همانطور که در جدول(۷) نشان داده می‌شود، دقت‌های کلاس پوشش گیاهی، ساختمان و خاک نسبت به راه کمتر است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]



شکل۶: الف) تصویر طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه راداری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی ب) تصویر نهایی طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه نوری و راداری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی و ترکیب شده با تصویر طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه راداری پ) تصویر طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه نوری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی

جدول۵: دقت کلی و دقت کلاس ها در طبقه‌بندی ویژگی‌های بهینه راداری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی

ضریب کاپا	دقت کلی	خاک	راه	ساختمان	گیاه	کلاس
۰٫۰۹۴۵	۳۱٫۳۷	۱۹٫۶۲	۲۶٫۷۱	۶۰٫۸۵	۲۳٫۵۴	دقت

جدول۶: دقت کلی و دقت کلاس ها در طبقه‌بندی ویژگی‌های بهینه نوری و راداری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی

ضریب کاپا	دقت کلی	خاک	راه	ساختمان	گیاه	کلاس
۰٫۷۸	۸۳٫۹۶	۷۹٫۸۱	۸۹٫۹۳	۸۷٫۷۲	۸۷	دقت

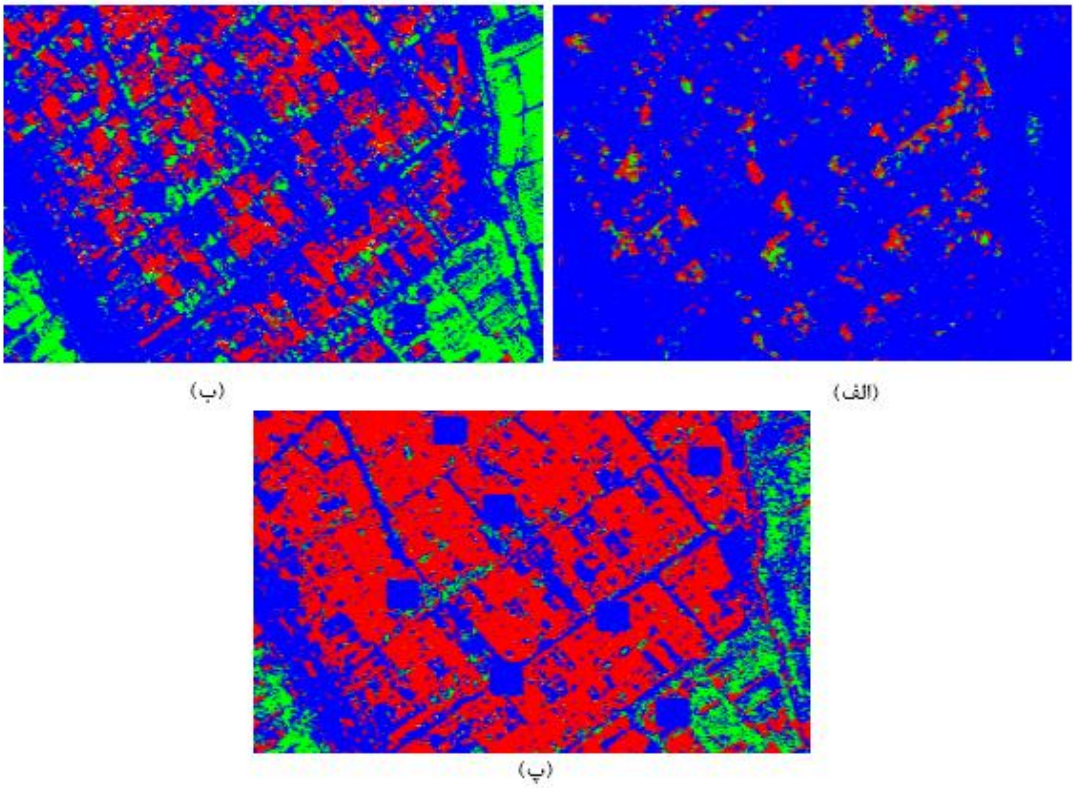
جدول۷: دقت کلی و دقت کلاس ها در طبقه‌بندی ویژگی‌های بهینه نوری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی

ضریب کاپا	دقت کلی	خاک	راه	ساختمان	گیاه	کلاس
۰٫۷۲	۸۱٫۰۲	۸۰٫۲۰	۹۷٫۸۱	۴۷٫۲۹	۸۱٫۳۵۵۹	دقت

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

بعد از انجام طبقه‌بندی و استخراج عوارض با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی، طبق شکل(۲) به نجام طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری پرداخته شد که نتایج آن در شکل(۷) و جداول (۸)، (۹) و (۱۰) ارائه شده است.

در شکل(۷-الف) که طبقه‌بندی ویژگی‌های راداری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری را نمایش می‌دهد، کلاس‌های پوشش گیاهی، ساختمان و خاک را با دقت‌های بسیار پایین شناسایی کرده است و همانطور که در جدول(۸) شان داده شده است، دارای دقت‌های زیر ۱۰ درصد هستند و بیشتر مناطق در تصویر به عنوان کلاس راه طبقه‌بندی شده است. شکل(۷-ب) که از طبقه‌بندی ویژگی‌های نوری و راداری و طبقه‌بندی ویژگی‌های راداری بدست آمده است، نسبت به شکل(۷-الف) پوشش گیاهی و ساختمان‌ها را بهتر شناسایی کرده است و این موضوع را در جدول(۹) که دقت کلاس‌ها را نشان می‌دهد، می‌توان دریافت؛ ولی دقت کلاس خاک بهبود نیافته است. با توجه به دقت کلاس خاک در جداول(۸)، (۹) و (۱۰) مشاهده می‌شود که این کلاس در طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری به خوبی قابل شناسایی نیست. در طبقه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های نوری که در شکل(۷-پ) نمایش داده شده است، کلاس پوشش گیاهی و راه نسبت به شکل(۷-ب) دقت کمتری دارند. در این طبقه‌بندی پیکسل‌های واقع شده در سایه و ابر نیز مانند طبقه‌بندی در سطح ویژگی، در کلاس راه قرار داده شده است.



شکل۷: الف) تصویر طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه راداری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری ب) تصویر نهایی طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه نوری و راداری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری و ترکیب شده با تصویر طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه راداری پ) تصویر طبقه‌بندی شده از ویژگی‌های بهینه نوری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

جدول۸: دقت کلی و دقت کلاس ها در طبقه‌بندی ویژگی‌های بهینه راداری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری

ضریب کاپا	دقت کلی	خاک	راه	ساختمان	گیاه	کلاس
۰٫۰۳	۴۰٫۱۷	۶٫۱	۹۲٫۵۹	۵٫۲۳	۳٫۹۶	دقت

جدول۹: دقت کلی و دقت کلاس ها در طبقه‌بندی ویژگی‌های بهینه نوری و راداری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری

ضریب کاپا	دقت کلی	خاک	راه	ساختمان	گیاه	کلاس
۰٫۳۹	۶۰٫۲۵	۴٫۳۸	۹۸٫۶۷	۳۰٫۸۱	۶۷٫۹۹	دقت

جدول۱۰: دقت کلی و دقت کلاس ها در طبقه‌بندی ویژگی‌های بهینه نوری با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری

ضریب کاپا	دقت کلی	خاک	راه	ساختمان	گیاه	کلاس
۰٫۲۶	۵۱٫۶۴	۱٫۵۲	۸۶٫۹۸	۳۶٫۸۲	۴۵٫۵۷	دقت

همانطور که مشاهده می‌شود نتایجی که از طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری بدست آمد به مراتب کمتر از نتایج طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی است. در این تلفیق همانطور که در جدول(۹) شان داده می‌شود، کلاس خاک دارای پایین‌ترین دقت است و در طبقه‌بندی قادر به تشخیص نبود. به دلیل عملکرد بسیار ضعیف تلفیق در سطح تصمیم‌گیری، از بهره‌گیری از نتایج آن در استخراج عارضه صرف‌نظر می‌شود. ولی در تلفیق در سطح ویژگی، زمانی که از ویژگی‌های نوری و راداری به صورت توام برای استخراج عوارض استفاده شد، دقت کلی ۸۳٫۹۶ درصد می‌باشد. با مقایسه تصویر طبقه‌بندی شده و تصویر اولیه نوری، ملاحظه می‌شود که در تصویر طبقه‌بندی شده، در برخی نقاط ساختمان‌ها و راه‌ها به اشتباه طبقه‌بندی شدند؛ زیرا سقف بعضی ساختمان‌ها دارای ویژگی طیفی و بافتی مشابهی با راه است و ویژگی‌های نوری و راداری قادر به تشخیص درست آن‌ها نیستند؛ در نتیجه این امر موجب کاهش دقت کلاس ساختمان شد. در مقایسه با تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری، مشاهده می‌شود که گیاه در تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری و راداری دقت بیشتری دارد در حالیکه راه دارای دقت کمتری است. در نواحی که سایه و ابر وجود دارد، تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری و راداری تا حدودی ماهیت پیکسل‌ها را درست تشخیص داده است، در صورتی که در تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری، این نواحی به طور کامل در کلاس راه قرار داده شده است. از آنجایی که در این نواحی علاوه بر راه، گیاه و ساختمان و خاک هم وجود دارد و به اشتباه در کلاس راه طبقه‌بندی شده‌اند، بنابراین دقت کلاس‌های گیاه، ساختمان و خاک در تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری کاهش پیدا کرده است و دقت کلاس راه افزایش یافته است و حتی دقت آن نسبت به تصویر طبقه‌بندی شده با ویژگی‌های نوری و راداری بیشتر است. دقت کلاس خاک در دو حالت بسیار نزدیک به هم است. تصاویر راداری با روزنه مجازی به دلیل نویزی که در آن‌ها وجود دارد، باعث اشتباهاتی در روند طبقه‌بندی می‌شوند و تصویر طبقه‌بندی شده

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

به صورت نویزی خواهد بود. به همین خاطر تلفیق تصویر نوری و راداری با روزنه مجازی الزاما موجب تشخیص درست عوارض و افزایش دقت نمی‌شود.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

هدف از انجام تحقیق، استفاده از اطلاعات مکملی داده‌های نوری و راداری به صورت همزمان در فرآیند طبقه‌بندی و شناسایی عوارض است. تصاویر نوری دارای محدودیت‌هایی در شرایط آب و هوایی است. زمانی که در منطقه مورد مطالعه حوادثی مانند سیل اتفاق افتاده باشد و منطقه دارای ابرهای ضخیم باشد و قسمت‌هایی از تصویر نوری به دلیل وجود ابر و سایه حاصل از آن قابل رویت نباشد، در نتیجه برای برآورد میزان خسارت و دسترسی سریع به اطلاعات آن نواحی، از تصاویر راداری استفاده می‌شود؛ زیرا این تصاویر مستقل از شرایط آب و هوایی هستند. بررسی نحوه عملکرد تصاویر راداری در مناطقی که تصویر نوری دارای مشکل است، از اهداف این کار به شمار می‌رود. در این تحقیق با استفاده از ویژگی‌های بهینه نوری و راداری که از تصاویر استخراج شدند، به طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی و در سطح تصمیم‌گیری پرداخته شد. با توجه به نتایج بدست آمده، از طبقه‌بندی تصویر با استفاده از تلفیق در سطح تصمیم‌گیری صرف‌نظر می‌شود؛ زیرا تصویر طبقه‌بندی شده و دقت‌های بدست آمده از آن نادرست و پایین است. در طبقه‌بندی ویژگی‌های نوری و راداری با استفاده از تلفیق در سطح ویژگی دقت کلی ۸۳٫۹۶ درصد بدست آمد که در این فرآیند از طبقه‌بندی تصاویر رادار با روزنه مجازی در نواحی دارای سایه و ابر استفاده شد و تا حدودی قادر به شناسایی درست پیکسل‌ها در مناطق سایه و ابر بود ولی در طبقه‌بندی ویژگی‌های نوری دقت کلی ۸۱٫۰۲ درصد بدست آمد. شاید در تلفیق تصاویر نوری و راداری با روزنه مجازی همیشه افزایش دقت و تشخیص درست عوارض اتفاق نیفتد و به کارگیری تصویر نوری به تنهایی نتایج بهتر و قابل قبولی را ارائه دهد ولی در مواقعی که تصویر نوری به دلیل وجود موانع همچون سایه و ابر، اطلاعات روی زمین را از دست می‌دهد و قادر به شناسایی درست عوارض روی زمین نباشد، شاید بتوان برای حل مشکل از داده راداری استفاده کرد.

در تحقیقات آتی می‌توان طبقه‌بندی با استفاده از تلفیق در سطح پیکسل بررسی شود. همچنین می‌توان از تصاویر رادار با روزنه مجازی با چهارپلاریزاسیون، ویژگی‌هایی متفاوت از ویژگی‌های این مقاله استخراج کرد و الگوریتم پیشنهادی انجام و نحوه عملکرد الگوریتم و دقت استخراج عوارض بررسی شود. همچنین تصاویر راداری با طول موج‌های مختلف دارای نفوذ پذیری متفاوتی در سطوح هستند. تصاویری که در باندهای X و C تصویربرداری شدند، طول موج کوتاه‌تری دارند و نفوذ پذیری آن‌ها کمتر است و جزئیات سطح را بهتر نشان می‌دهند؛ در نتیجه دارای دقت مکانی بالاتری خواهند بود و در شناسایی مرز عوارض دقیق‌تر هستند. در تحقیقات آتی می‌توان تاثیر دیگر تصاویر راداری را در تشخیص عوارض بررسی کرد.

مراجع

[1] *Liu, S., Yu, B., Zhang, N., Zang, J., Wan, J. and Wan, J., " A Study on Monitoring Method of High-Resolution Remote Sensing in Cloudy and Rainy Regions ", International Symposium of Space Optical Instrument and Application, pp. 263-271, 2017.*

[2] *Liu, W. and Yamazaki, F., " Object-based shadow extraction and correction of high-resolution optical satellite images ", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 5(4), pp.1296-1302, 2012.*

[3] *Shen, H., Li, X., Cheng, Q., Zeng, C., Yang, G., Li, H. and Zhang, L., " Missing information reconstruction of remote sensing data: A technical review ", IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine,*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

3(3), pp.61-85, 2015.

[4] Maalouf, A., Carré, P., Augereau, B. and Fernandez-Maloigne, C., "A bandelet-based inpainting technique for clouds removal from remotely sensed images", IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 47(7), pp.2363-2371, 2009.

[5] Shen, H., Li, H., Qian, Y., Zhang, L. and Yuan, Q., "An effective thin cloud removal procedure for visible remote sensing images", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 96, pp.224-235, 2014.

[6] Melgani, F.,"Contextual reconstruction of cloud-contaminated multitemporal multispectral images", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44(2), pp.442-455, 2006.

[7] Lin, C.H., Tsai, P.H., Lai, K.H. and Chen, J.Y., "Cloud removal from multitemporal satellite images using information cloning", IEEE transactions on geoscience and remote sensing, 51(1), pp.232-241, 2012.

[8] Song, M. and Civco, D.L., "April. A knowledge-based approach for reducing cloud and shadow", ASPRS-ACSM Annu.Conf. and FIG XXII Congr, Washington, (pp. 22-26), 2002.

[9] K. Kouchi and F. Yamazaki, "Characteristics of tsunami-affected areas in moderate-resolution satellite images," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 45, no. 6, pp. 1650–1657, 2007.

[10] Zhu, X., Gao, F., Liu, D. and Chen, J., "A modified neighborhood similar pixel interpolator approach for removing thick clouds in Landsat images", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 9(3), pp.521-525, 2011.

[11] Dare, P.M., "Shadow analysis in high-resolution satellite imagery of urban areas", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 71(2), pp.169-177, 2005.

[12] Zhou, W., Huang, G., Troy, A. and Cadenasso, M.L., "Object-based land cover classification of shaded areas in high spatial resolution imagery of urban areas: A comparison study", Remote Sensing of Environment, 113(8), pp.1769-1777, 2009.

[13] Byun, Y., Choi, J. and Han, Y., "An area-based image fusion scheme for the integration of SAR and optical satellite imagery", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 6(5), pp.2212-2220, 2013.

[14] Fekri-Ershad, S., "A Review on Image Texture Analysis Methods", International Online Journal of Image Processing and Pattern Recognition,1(1), pp.1-63, 2018.

[15] Bharati, M.H., Liu, J.J. and MacGregor, J.F., "Image texture analysis: methods and comparisons", Chemometrics and intelligent laboratory systems, 72(1), pp.57-71, 2004.

[16] Maghsoudi, Y., "Analysis of Radarsat-2 full polarimetric data for forest mapping", Degree of PhD, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, 2011.

[17] Goldberg, R.B., Barker, S.J. and Perez-Grau, L., "Regulation of gene expression during plant embryogenesis", Cell, 56(2), pp.149-160, 1989.

[18] Pohl, C. and Van Genderen, J.L., "Review article multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications", International journal of remote sensing, 19(5), pp.823-854, 1998.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.11, No.1, Spring 2023

Research Paper

Improving the urban features classification accuracy by fusion of optical and radar high spatial resolution images

Fattane Kia [1*], Mohammad Javad Valadan Zoej [2], FahimehYousefi [3]

1- Ms.c student of Photogrammetry in Department of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology
2- Professor in Department of Geodesy and Geomatics Engineering , K.N.Toosi University of Technology
3- Phd student of Photogrammetry in Department of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Abstract

The population growth and the development of the urban environments have created a lot of incentives for researchers in the field of spatial information to provide methods for extracting features. Remote sensing technology and satellite imagery have become an important tool for obtaining information in order to extract features. The presence of some obstacles such as weather conditions and the presence of clouds and shadows in satellite imagery prevents us from getting information from the surface of the earth. To solve this problem, we examined the ability of the radar images in helping to extract the urban features by optical images, especially detecting the pixels located in shadow and cloud areas. In this paper, the images of WorldView-3, ALOS-2 with single polarization and four polarization were taken into consideration and the optimally extracted features were used to classify the vegetation, building, road and soil using feature and decision level fusion. The optical features include the gray-level co-occurrence matrix (GLCM) and the radar features include GLCM for the image of single polarization, the features of the target decomposition, the separation characteristics and the main characteristics for the image with full polarization. In the classification by optical and radar features using feature level fusion, the combined accuracy of 83.96 percent was obtained and somewhat it was able to correctly identify the pixels in the shadow and cloud areas, while the classification with the optical features obtained a total accuracy of 81.02 percent. The obtained results of the decision level fusion are very low and unacceptable. The results in this paper showed that the use of the radar images along with the optical images in the feature classification using the feature level fusion improved the accuracy to some extent; and depending on the different conditions the result may be different.

Key words: *Feature Extraction, Optic and Radar Images, Feature and Decision Level Fusion.*

Correspondence Address *: No. 1346, ValiAsr Street, Mirdamad cross, Geomatics Engineering Faculty, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.*
Tel *: +98 21 88877070-1.*
Email*: Fattane_kia@yahoo.com*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-11]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1402.11.1.1.2]
[DOI: 10.61186/jgit.11.1.1]