



بررسی کارایی روش‌های شی‌پایه در استخراج هواپیما با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

مهدي خان محمديان مقدم^۱، مهدى حسنلو^۲

۱- کارشناسی ارشد سنجش از دور
۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران

چکیده:

الگوریتم‌های هوشمند برای تفکیک پدیده‌های موضوعی در تصاویر ماهواره‌ای وجود دارند. یکی از روش‌های متداول طبقه‌بندی، مبتنی بر پیکسل است. تصاویر ماهواره‌ای را به روش‌های شی‌پایه نیز می‌توان طبقه‌بندی نمود. در این روش‌ها مجموعه‌ای از پیکسل‌ها که پدیده را می‌سازند، مدنظر قرار می‌گیرند. به منظور مقایسه قابلیت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه در تفکیک عوارض موجود در فرودگاه، تحقیق حاضر در فرودگاه امام خمینی (ره) بر روی داده‌های سنجنده پانکروماتیک ماهواره QuickBird انجام گرفت. تصاویر ابتداً مورد پردازش‌های اولیه قرار گرفته‌اند. سپس عوارض در طبقات مختلف از جمله باند فرودگاه، سطوح آسفالت، فضای سبز، هواپیما، پوشش خاکی و ساختمان تفکیک شده‌اند. به منظور برآورد میزان صحت و درستی نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر به روش‌های مختلف، صحت کلی و ضریب کاپا آن‌ها محاسبه شد. به طور کلی در بین فنون شی‌پایه به کار گرفته شده برای طبقه‌بندی در این تحقیق، بنا به ارزیابی مقایسه‌ای صورت گرفته شده روش طبقه‌بندی SVM با میزان بالاترین دقت کلی ۹۳/۰۷ و ضریب کاپای ۰/۹۱ SLIC با دقت کلی ۹۲/۱۳ و ضریب کاپای ۰/۹۰ برتری نسبی را دارا می‌باشد

واژه‌های کلیدی: عارضه‌های، QuickBird، استخراج هواپیما، SVM، SLIC

۱- مقدمه

سنچش از دور از دیدگاه زمینه‌های علمی و تحقیقاتی نقش مهمی در کشورهای جهان داشته و جایگاه مناسبی را برای خود در زمینه تولید نقشه و استخراج اطلاعات مکان مرجع پیدا کرده است [۱]. در حال حاضر برای تولید نقشه‌های با دقت بالای مکانی که در آن هر عارضه به تفکیک مشخص شده است، از سنجنده‌های سنجش از دوری با توان تفکیک مکانی بالا می‌توان استفاده نمود. این علم شاهد تحولات زیادی در زمان اندک چه از نظر فن‌آوری و نوع سنجنده‌ها و چه از نظر سطوح محاسباتی و پردازش داده‌ها بوده است [۲]. در ابتدا اگر چه سنجنده‌های سنجش از دور به صورت آنالوگ بوده و عکس‌ها بعد از اخذ به زمین ارسال شده و در ایستگاه زمینی مورد پردازش قرار می‌گرفت، اما امروزه با تولید پردازش‌گرهای رقومی و با استفاده از ارسال مخابراتی داده‌ها به ایستگاه زمینی تا حدود زیادی نحوه اخذ و پردازش داده‌های سنجش از دور متتحول گردیده است. همچنین به صورت مواری نیز روش‌ها و الگوریتم‌های پردازش داده‌های سنجش از دور و استخراج عوارض با پیشرفت‌های قابل توجهی مواجه بوده که اساساً اهداف مهم پیشرفت‌های صورت گرفته کاهش زمان تولید نقشه و همچنین کاهش نقش عامل انسانی در روند تولید نقشه و شناسایی عارضه جهت به دست آوردن اطلاعات مکان مرجع می‌باشد [۳].

تشخیص عوارض و اشیاء و یافتن عوارض تکراری در تصاویر موضوعی پرکاربرد و قابل رشد و توسعه می‌باشد که همانگونه که اشاره شد مورد توجه شاخه‌های مختلف در پردازش تصاویر است با افزایش توان تفکیک تصاویر ماهواره‌ای تشخیص عوارض از طریق روش‌های سنتی که بر روی تصاویر ماهواره‌ای که توان تفکیک مکانی کمی دارند، منسخ شده و روش‌های جدید با تکیه بر الگوریتم‌های ساده و پرکاربرد مسئله‌ای است که تحلیل کنندگان تصاویر ماهواره‌ای را به تکاپو واداشته است. پیدا کردن یک شی خاص در تصاویر سنجش از دور یک مسئله چالش انگیز است [۴]. تاکنون مدل‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای شناخت و آشکارسازی این اشیاء ارائه شده است [۵]. عوارض مکانی موجود در تصاویر سنجش از دوری به سه دسته نقطه‌ای، مانند محل دکل‌های برق، خطی مانند راه و رودخانه، و سطحی مانند ساختمان‌ها و دریاچه و ادوات و وسائل حمل و نقل تقسیم‌بندی می‌شوند. شناسایی بهینه این نوع عوارض یک چالشی است که کارشناسان سنجش از دوری سعی در حل این مسئله داشته و دارند. از این رو می‌توان الگوریتم‌های متفاوت ارائه شده برای استخراج انواع عوارض و تفکیک و جداسازی آن‌ها را به دو دسته کلی پیکسل‌منبا و شی‌منبا و یا شی‌گرا طبقه‌بندی نمود [۶]. در الگوریتم‌های پیکسل‌منبا، پردازش بر روی هر پیکسل مجزا صورت می‌گیرد و در پایان نیز عارضه بر اساس پیکسل‌های استخراج شده تشکیل می‌شود. به عبارتی در این روش‌ها، تنها پیکسل‌های منفرد و خصوصیات طیفی آن‌ها در پردازش به کار می‌رود. در مقابل، واحد اصلی تجزیه و تحلیل روش‌های شی‌منبا، قطعه یا گروه همگنی از پیکسل‌های است. همچنین، این روش‌ها قادرند تا علاوه بر خصوصیات طیفی اشیاء، از خصوصیات غیرطیفی آنها، نظیر خصوصیات هندسی و مجاورت نیز بهره گیرند [۷]. تاکنون پژوهش‌ها و مطالعات مختلف در ارتباط با مقایسه تکنیک‌های شی‌منبا و پیکسل‌منبا در کاربردهای مختلف صورت گرفته است. به عنوان مثال مراجع [۸] و [۹] نمونه‌ای از این دست مطالعات را نشان می‌دهد. در اغلب موارد در این مطالعات برتری و توانایی روش‌های شی‌منبا نسبت به روش‌های کلاسیک پیکسل‌منبا نشان داده شده است [۱۰]. از این رو در این تحقیق یک روش شی‌منبا که قابلیت هر چه بهتر استفاده از اطلاعات بافتی و غیرطیفی در کنار اطلاعات طیفی را فراهم می‌آورد جهت استخراج هواپیما استفاده می‌شود. بر این اساس بکارگیری روش بهینه در این ارتباط مد نظر است تا بتوان به دقت قابل قبولی دست یافت. میلان لک و غلامعلی مجدآبادی در پژوهشی به بررسی و معرفی تکنیک آشکارسازی عارضه بر مبنای منطق فازی پرداختند از مزایای این تکنیک سرعت بسیار بالای آن در مقایسه با روش‌های مطرح موجود مثل روش طبقه‌بندی بر اساس بیشترین شباهت بوده است و این در حالی است که از نظر دقت نیز جواب‌های با دقت خوب در اختیار محققین قرار می‌دهد [۱۱].

نگهبانی و ولدان زوج ارزیابی و بررسی‌هایی روی الگوریتم‌های موجود برای آشکارسازی عوارض انجمام دادند، که قادر به جداسازی مواد از زمینه، بر پایه مشخصه طیفی اهداف هستند و از بعضی از این الگوریتم‌ها برای آشکارسازی مواد معدنی در تصاویری که توسط سنجنده فراطیفی های مپ^۱، از منطقه کوپریت در نوادیا به دست آمده، استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد از بین الگوریتم‌های ذکر شده، الگوریتم ACE دارای عملکرد بهتری است و توانایی این الگوریتم در آشکارسازی مواد معدنی بیشتر است. منحنی‌های ROC، به منظور ارزیابی عملکرد آشکارسازها در این پژوهش استفاده شده است [۱۲]. دهقانیان و همکاران روش جدیدی به منظور استخراج شبکه‌ی راه از تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک بالا، بر اساس الگوریتم‌های ژنتیک و تحلیل‌های کلاسه‌بندی تصویر ارایه داده‌اند. در کلاسه‌بندی‌های متداول تعداد کلاس‌ها باید توسط کاربر تعیین گردد. اما به طور کلی تعداد کلاس‌ها در تصاویر ثابت نمی‌باشند. در روش ارایه شده از الگوریتم‌های ژنتیک به منظور تعیین تعداد صحیح کلاس‌ها به صورت اتوماتیک استفاد گردیده است. همچنین به منظور کلاسه‌بندی تصویر توسط الگوریتم‌های ژنتیک، لازم است که اندازه جامعه اولیه تا حد ممکن بزرگ در نظر گرفته شود، تا نتایج حاصل کارایی بهتری را دارا باشند. به منظور کاهش اندازه جامعه اولیه از تحلیل‌های کلاسه‌بندی، به منظور به روزرسانی نتایج به دست آمده از الگوریتم‌های ژنتیک استفاده شده است. روش مورد نظر بر روی تصاویر پان - شارپنده^۲ ماهواره‌ی ایکونوس، پیاده شده است [۱۳].

عطارزاد و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی به استخراج اتوماتیک ساختمان با استفاده از تحلیل شی‌گرا از تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس پرداختند. در این مطالعه از طبقه‌بندی شی‌گرا جهت استخراج ساختمان استفاده شده است. این روش امکان استفاده از اطلاعات شکل، مجاورت و مفهومی را علاوه بر اطلاعات طیفی می‌دهد در این تحقیق در ابتدا با استفاده از یک الگوریتم مناسب اشیا تصویری تولید شده و در ادامه با استفاده از روش جداسازی و استانه گذاری ویژگی‌هایی که منجر به آشکارسازی عارضه ساختمان می‌شود، تعیین می‌گردد. تصویر ماهواره‌ای استفاده شده در این تحقیق تصاویر PAN و multispectral QuickBird از منطقه شهری اصفهان می‌باشد. در بخش ارزیابی نتایج نشان داده شده است که روش مذکور می‌تواند بیش از ۹۰ درصد ساختمان‌های موجود در تصویر مورد مطالعه را تشخیص دهد. در مطالعه‌ای دیگر عطارزاده استخراج اتوماتیک عارضه ساختمان از تصاویر ماهواره‌ای، به عنوان یک موضوع مهم تحقیقاتی در حوزه سنجش از دور و ماشین بینایی مطرح کرد. در این پژوهش عنوان شده است که الگوریتم‌های بسیاری برای استخراج ساختمان‌ها از تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده‌اند که غالباً معیارهای رادیومتریکی و هندسی، تشخیص لبه‌ها و سایه را به عنوان معیارهای استخراج ساختمان در نظر گرفته‌اند. در این پژوهش سعی شده است با استفاده از تحلیل واریانس و در نظر گرفتن توانمن مقادیر واریانس ساختمان و پیکسل‌های مجاور به ارائه راهکاری جهت شناسایی و استخراج اتوماتیک ساختمان در تصاویر با توان تفکیک مکانی بسیار بالا بپردازد [۱۴].

یانگ (۲۰۰۹)، به بررسی روش اتوماتیک استخراج هواپیما از تصاویر پرداخته است. در این مطالعه شناسایی هواپیما بر مبنای ویژگی‌های طیفی و غیر طیفی در کنار بهره‌گیری از اپراتورهای مورفولوژی است. تیسوسکا^۳ (۲۰۱۰)، به استخراج هواپیما از تصاویر سنجش از دوری پرداخته است. در این مطالعه تصاویر Quick Bird استفاده شده است. در این حالت بعد از طبقه‌بندی تصویر به کلاس‌های مختلف از ویژگی‌های مثل اندازه و قطر برای تفکیک هواپیما از سایر کلاس‌های استخراجی استفاده شد. نتایج کیفی نشان‌دهنده برتری قابل توجه این مدل بوده است. در پژوهش به منظور استخراج عوارض مختلف از تصاویر ماهواره‌ای بودند. روش استفاده در این پژوهش در نظر داشتن ویژگی‌های متعدد طیفی و مکانی به صورت اتوماتیک جهت شناسایی عوارض مشخص بوده است. توانایی بارز این روش جداسازی

¹ Hymap

² pan-sharpened

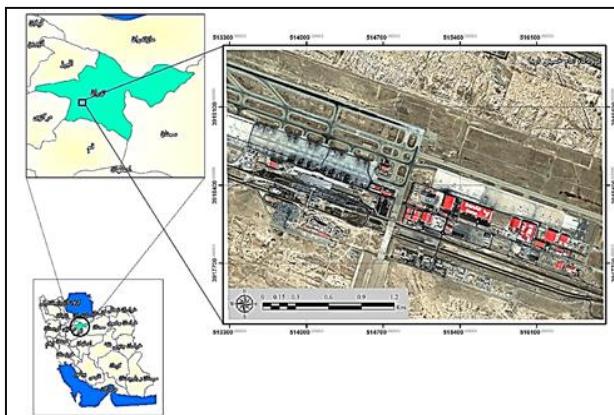
³ Tsukasa

اشیاء و عوارض ترکیبی با اجرای دو فرآیند طبقه‌بندی بوده است. به عبارتی بعد از در نظر داشتن قیود خاص و با استفاده از ویژگی‌های در نظر گرفته شده، ممکن است، برخی از اشیاء شناخته نشوند، از این رو برای این اشیاء از طبقه‌بندی استفاده شد. در این مقاله با بهره‌گیری از مطالعات خارجی پیشین سعی در استفاده از مزایا و نکات مثبت روش‌های مختلف ارائه شده هستیم تا بر تکیه بر این اصل بتوان یک روش بهینه برای آشکارسازی هواپیما استخراج نمود. استفاده از تعداد نقاط آموزشی زیاد، بهره‌گیری از دو روش شی‌پایه^۱ و SLIC^۲ به طور همزمان و مقایسه این دو روش قادرمند از جمله مهم‌ترین نقاط تحقیق حاضر است که در مطالعات پیشین سابقه نداشته است.

۲-داده‌ها و روش‌ها

۱-منطقه مورد مطالعه

فرودگاه بین‌المللی امام خمینی از جمله بزرگ‌ترین فرودگاه‌های کشور در ۳۰ کیلومتری جنوب تهران میان بزرگراه تهران-قم با ۱۴ هزار هکتار مساحت قرار گرفته است [۱۵]. شکل (۱)، موقعیت فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت فرودگاه مورد مطالعه



شکل ۲: نمودار روش‌شناسی تحقیق

1 Support vector machine
2 Simple Linear Iterative Clustering

۲-۲ روش شناسی تحقیق

۱-۲ طبقه‌بندی شیگرا

تصاویر رقومی سنجش‌ازدوری دارای آرایه‌ای دو بعدی از عناصر تصویری هستند. در هر آرایه از این تصاویر، انرژی بازتابیده یا گسیل شده از محدوده‌ی متناظر آن در سطح زمین ثبت ذخیره می‌گردد [۱۶]. این ارزش‌های عددی که تحت عنوان درجه خاکستری نامیده می‌شوند، پدیده‌های مختلف زمینی را در روی تصویر توصیف می‌کنند به‌طوری که هر عارضه دارای ارزش خاص عددی می‌باشد که متخصصان سنجش‌ازدوری از لفظ امضای طیفی برای توصیف آن استفاده می‌کنند. بنابراین می‌توان نسبت به تفکیک و جداسازی عوارض متفاوت بر اساس امضای طیفی و مقادیر درجات خاکستری اقدام نمود. بسیاری از روش‌های طبقه‌بندی و جداسازی و شناسایی عوارض عموماً اطلاعات طیفی موجود در تصاویر در باندهای مختلف را استفاده می‌کنند [۱۷]. در این روش‌ها انتظار آن است که پیکسل با درجه روشنایی بیشتر یا کمتر در فضای چندطیفی در خوشه‌هایی متناسب با انواع متفاوت عوارض گروه‌بندی شود [۱۸]. در سال‌های اخیر با پیشرفت فناوری پردازش کامپیوتری روش‌های جدید پا به عرصه گذاشته‌اند. به عنوان مثال استفاده از شبکه‌های عصبی، تصمیم‌گیری‌های درختی، روش‌های منتج از تئوری منطق فازی، استفاده از اطلاعات ثانویه نظری بافت، زمینه، الگو و ... از مهمترین این روش‌ها هستند [۱۸]. بر اساس ویژگی‌های پردازش تصویر، جهت استخراج عوارض و اطلاعات مورد نظر، روش‌های مختلف را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم‌بندی نمود که عبارتند از ۱) روش-های مبتنی بر درجات خاکستری تصویری یا پیکسل که تحت عنوان روش‌های پیکسل مبنا شناخته می‌شوند و ۲) روش‌های مبتنی بر شی‌های تصویر که به آن‌های روش‌های شی‌گرا یا عارضه مبنا اطلاق می‌شود. مطالعات پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که روش‌های شی‌گرا دارای نتایج به مراتب قابل توجه‌تری نسبت به روش‌های پیکسل مبنا هستند. در این مقاله بر مبنای روش شی‌گرا به استخراج عارضه (هواپیما) پرداخته شده است. به عبارت دیگر این فرآیند در سه مرحله اصلی بکار گرفته می‌شوند. این سه مرحله عبارتند از ۱) قطعه‌بندی اولیه تصویر، ۲) آموزش تصویر، ۳) استخراج هواپیما بر مبنای ویژگی‌های بافت تصاویر. همانطور که عنوان شد، استخراج عارضه به معنای تشخیص و بازسازی عارضه‌ای خاص بر روی تصاویر سنجش‌ازدوری است. قطعه‌بندی تصویر به عنوان یکی از مراحل اولیه و البته مهم در فرآیند استخراج عارضه در نظر گرفته می‌شود. تئوری‌های بسیاری به منظور انجام هر چه بهتر این فرآیند مطرح شده است. قطعه‌بندی تصویر در زمینه‌هایی از قبیل بینایی کامپیوتر و پردازش تصویر انجام شده است و هنوز به خاطر کاربرد گسترده و وسیع‌اش دارای زمینه‌های تحقیقی مناسبی می‌باشد. صحت این بررسی در زمینه‌هایی مانند پژوهشکی، سنجش‌از دور و بازیابی تصویر بسیار حیاتی می‌باشد که به ذخیره، نگهداری و محافظت زندگی انسان کمک می‌کند.

۲-۲ قطعه‌بندی اولیه تصویر

روش‌های بسیار متنوعی برای قطعه‌بندی اولیه تصویر وجود دارد. از این میان آچانتا^۱ و همکاران (۲۰۱۲)، روشنی تحت عنوان SLIC را ارائه نمودند. کارایی این روش در تصاویر سنجش‌ازدوری به اثبات رسیده است. در این تحقیق نیز از این روش برای قطعه‌بندی اولیه تصویر و یا ایجاد شی‌های کوچک در تصویر برای استفاده در طبقه‌بندی شی‌گرا استفاده خواهد شد. روش SLIC شی‌ها و قطعات بسیار کوچکی را در تصویر ایجاد می‌کند؛ که اندازه این شی‌ها (بزرگی و کوچکی) توسط کاربر قابل تعیین است. این روش بر مبنای طبقه‌بندی کلاسیک کا-مینز^۲ است [۲۰]. در واقع ایده‌ی اصلی همان طبقه‌بندی کننده‌ی کا-مینز بوده با این حال اندک تفاوتی نسبت به آن را دارد. در

¹ Achanta
² kmeans

روش استاندارد کامینز و روش SLIC هر تصویر را به قطعات و اشیاء تقسیم می‌کنند؛ یک تفاوت بارز بین این دو این است که روش استاندارد کامینز بر روی کل تصویر اعمال می‌شود در صورتی که الگوریتم SLIC به صورت محلی بر روی تصویر اعمال می‌شود. برای آگاهی از جزئیات SLIC ابتدا به صورت خلاصه روش استاندارد کامینز توضیح داده می‌شود و سپس بر مبنای آن روش SLIC ارائه خواهد شد.

۲-۳-۲ روش استاندارد کامینز

این روش علی‌رغم سادگی آن یک روش پایه برای بسیاری از روش‌های خوشه‌بندی دیگر (مانند خوشه‌بندی فازی) محسوب می‌شود. این روش روشی انحصاری و مسطح محسوب می‌شود. برای این الگوریتم شکل‌های مختلفی بیان شده است. ولی همه آنها دارای روالی تکراری هستند که برای تعدادی ثابت از خوشه‌ها سعی در تخمین موارد زیر دارند: ۱) بدست آوردن نقاطی به عنوان مراکز خوشه‌ها این نقاط در واقع همان میانگین نقاط متعلق به هر خوشه هستند. ۲) نسبت دادن هر نمونه داده به یک خوشه که آن داده کمترین فاصله تا مرکز آن خوشه را دارا باشد. در نوع ساده‌ای از این روش ابتدا به تعداد خوشه‌های مورد نیاز نقاطی به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. سپس در داده‌ها با توجه با میزان نزدیکی (شباهت) به یکی از این خوشه‌ها نسبت داده می‌شوند و بدین ترتیب خوشه‌های جدیدی حاصل می‌شود. با تکرار همین روال می‌توان در هر تکرار با میانگین گیری از داده‌ها مراکز جدیدی برای آنها محاسبه کرد و مجدداً داده‌ها را به خوشه‌های جدید نسبت داد. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دیگر تغییری در داده‌ها حاصل نشود. تابع رابطه (۱) به عنوان تابع هدف مطرح است [۲۱].

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \| s_i^j - c_j \|^2 \quad (1)$$

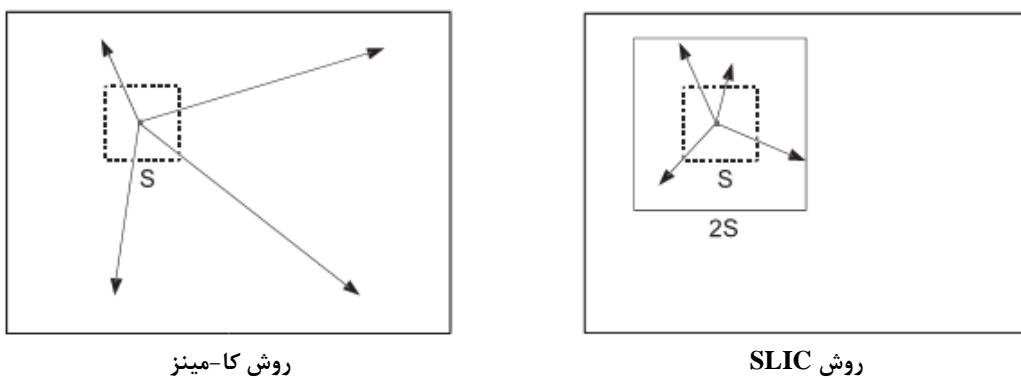
که $\|.\|$ معیار فاصله بین نقاط و مرکز خوشه j ام یعنی c_j است. برای تصویر RGB مقدار S به صورت یک بردار خواهد بود (هر مولفه بیانگر یک باند)، و متعاقباً مرکز خوشه نیز یک بردار خواهد بود. به طور کلی اندازه این بردار وابسته به تعداد باندهای تصویر خواهد بود. پایه روش کامینز بر این مبنای است که، در ابتدا k نقطه به عنوان نقاط مراکز خوشه‌ها انتخاب می‌شوند. معمولاً انتخاب اولیه به صورت تصادفی و یا بر حسب هیستوگرام تصویر است. هر نمونه داده به خوشه‌ای که مرکز آن خوشه کمترین فاصله تا آن داده را داراست، نسبت داده می‌شود. پس تعلق تمام داده‌ها به یکی از خوشه‌ها برای هر خوشه یک نقطه جدید به عنوان مرکز محاسبه می‌شود. (میانگین نقاط متعلق به هر خوشه)، در انتها به صورت تکرار مراحل فوق باز محاسبه می‌شود به طوری که در فرایند تکرار دیگر هیچ تغییری در مراکز خوشه‌ها حاصل نشود، در این حالت تکرار متوقف شده و نتیجه‌ی نهایی برابر با خروجی آخرین مرحله تکرار است.

۴-۲-۲ روش SLIC

روش SLIC بر مبنای روش کامینز است. به بیان ساده‌تر فرآیند این روش تماماً شبیه روش استاندارد کامینز بوده ولی در دو مورد اساسی با آن متفاوت است. اولین مورد تعریف تابع هدف است. در روش SLIC تابع هدف نسبت به روش کامینز بهبود داده شده است. به عبارتی علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات مکانی نیز استفاده می‌شود. این تابع به صورت رابطه (۲) قابل تعریف است.

$$J = \sqrt{J_1^2 + J_2^2}, \quad J_1 = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \| x_i^j - c_j \|^2, \quad J_2 = \sqrt{(x^p - x^q)^2 + (y^p - y^q)^2} \quad (2)$$

در این رابطه J تابع هدف نهایی است که از ترکیب توابع J_1 و J_2 ایجاد شده است. همچنین x و y بیانگر موقعیت مرکز خوشه‌های p و q هستند. دومین مورد تفاوت بین SLIC و کا-مینز محدود شدن فضای جستجو در روش SLIC است. در روش استاندارد کا-مینز با مشخص شدن مراکز خوشه‌ها، تمامی خوشه‌ها در تصویر بر اساس تابع هدف با مرکز خوشه مورد نظر مقایسه قرار می‌گیرند. ولی در روش SLIC دیگر تمامی خوشه‌ها با مرکز خوشه مورد نظر مقایسه نخواهند شد. بلکه خوشه‌هایی با مرکز مورد نظر مقایسه می‌شوند که در یک همسایگی نزدیک به مرکز مورد نظر باشند. به عبارتی فضای جستجو به یک همسایگی محدود می‌شود. شکل (۳) به صورت گرافیکی این مطلب را نشان می‌دهد.



شکل ۳: مقایسه روش SLIC و کا-مینز بر مبنای فضای جستجو

به طور خلاصه در روش SLIC ابتدا تصویر به شبکه‌های کوچکی تقسیم‌بندی می‌شود، اندازه این شبکه‌ها توسط کاربر مشخص می‌شود. سپس هر شبکه به عنوان یک شی اولیه در نظر گرفته می‌شود. و نهایتاً روش کا-مینز با اعمال دو تفاوت ذکر شده در بالا بر روی این شی‌های اولیه به صورت تکراری اعمال می‌شود. خروجی اعمال روش SLIC بر روی داده‌های سنجش از دوری، ایجاد قطعه‌های کوچک در تصویر است. در شکل (۴) نمونه‌ای از اعمال این قطعه‌بندی مشاهده می‌شود.

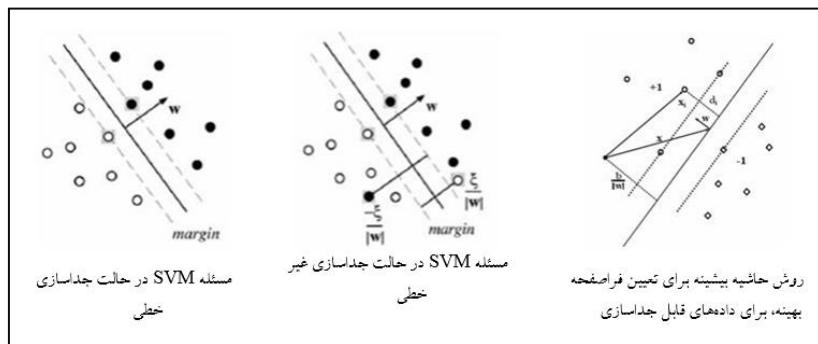


شکل ۴: اعمال روش SLIC بر روی یک نمونه از داده‌های سنجش از دوری

۲-۵-۲ طبقه‌بندی شی‌گرا با SVM

خروجی SVM همانطور که در شکل (۶) دیده می‌شود، قطعه‌بندی تصویر است. به عبارتی تصویر به شی‌های کوچکی تقسیم می‌شود. در ادامه به منظور طبقه‌بندی شی‌گرا تصویر، درجه خاکستری هر شی از میانگین درجات خاکستری پیکسل‌های محاط شده توسط شی مذبور در هر باند محاسبه می‌شود. به این ترتیب به جای پیکسل، شی خواهیم داشت. در ادامه از یکی از قدرتمندترین طبقه‌بندی‌ها یعنی ماشین بردارهای پشتیبان SVM برای طبقه‌بندی

شیگرا استفاده خواهد شد. بدین منظور تئوری مختصری از ماشین بردارهای پشتیبان ارائه شده است. روش‌های طبقه‌بندی با نظرارت به دو گروه پارامتریک و غیر پارامتریک تقسیم می‌شوند. مشکل اصلی روش‌های طبقه‌بندی پارامتریک، وابستگی آنها به توزیع آماری داده‌ها و تأثیر تعداد نمونه‌های آموزشی در برآورد این توزیع است. به همین دلیل روش‌های غیر پارامتریک، از جمله روش‌های مبتنی بر شبکه‌های عصبی و درخت تصمیم‌گیری، برای طبقه‌بندی تصاویر فراتصویری بکار گرفته می‌شوند. شبکه‌های عصبی علیرغم توانایی پردازش داده‌های پیچیده مانند داده‌های فراتصویری، در مرحله آموزشی کند هستند. علاوه بر آن به صورت یک جعبه سیاه عمل کرده و فرآیند داخلی آنها مشخص نیست. الگوریتم SVM، بر پایه تئوری یادگیری آماری که توسط وپنیک^۱، گیون^۲، بوسر^۳ ابداع شد، بنا شده است [۲۲]. بر اساس این تئوری می‌توان کران نرخ خطای ماشین یادگیری را برای داده‌های طبقه‌بندی نشده، به عنوان نرخ خطای تعیین یافته، در نظر گرفت. این کران‌ها به عنوان تابعی از مجموع نرخ خطاهای آموزشی هستند که میزان پیچیدگی طبقه‌بندی کننده را نشان می‌دهند. به منظور کمینه کردن نرخ خطاهای تعیین یافته، بایستی نرخ خطای آموزش و پیچیدگی طبقه‌بندی کننده کاهش یابد. این کار را می‌توان با بیشینه کردن حاشیه جداسازی انجام داد.



شکل ۵: الگوریتم طبقه‌بندی SVM

۲-۲ تجزیه و تحلیل

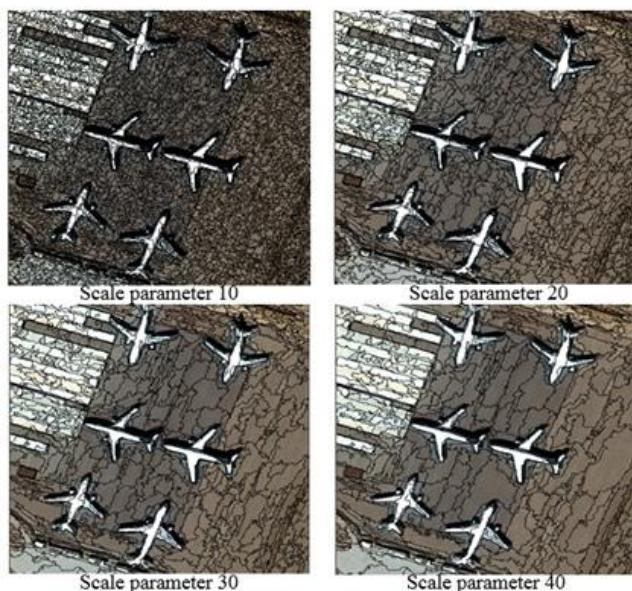
جداسازی چند تفکیکه در تحلیل عارضه‌منبا تصاویر در ecognition فرآیندی اساسی است، که در مرحله اول برای تولید شیء‌های تصویری اولیه جهت طبقه‌بندی و سایر فرآیندهای پردازش مورد استفاده قرار می‌گیرد. تکنیک چند تفکیکه اتصال نواحی فرایندی از بالا به پایین می‌باشد که با شیء‌های یک پیکسل آغاز می‌شود. در مراحل متعدد بعدی، شیء‌های تصویری کوچک در داخل یک شیء تصویری بزرگ ادغام می‌شود. تمام این زوج‌های هوشمند در فرآیند خوش‌سازی و بهینه‌سازی اساسی بر اساس وزن ناهمگنی تقلیل یافته و شیء‌های تصویری را نتیجه می‌دهد. در هر مرحله که زوجی از شیء‌های تصویری ادغام می‌شوند بصورت رشد‌هایی کوچکی با ناهمگنی معین نشان داده می‌شوند. اگر رشد‌های کوچک از آستانه‌ای که به وسیله پارامتر مقیاس تعریف شده است تجاوز کند فرآیند متوقف می‌شود. بخش‌های چند تفکیک ایجاد شده، براساس شکل شیء‌های تصویری بلوک‌هایی را در تحلیل شیء‌گرای تصاویر می‌سازند که در مرحله بعدی مورد طبقه‌بندی قرار می‌گیرند. بنابراین جداسازی بایستی شیء‌های تصویری را برای طبقه‌بندی ایجاد کند.

¹ Vapnik² Guyon³ Boser

در طول فرآیند جداسازی، تمام تصویر جداسازی شده و شیءهای تصویر بر اساس معیار همگنی در رنگ و شکل تولید می‌شوند. تنظیم پارامتر با اصطلاح مستقیماً در میانگین اندازه شیء تاثیر می‌گذارد. ارزش بزرگ اجازه ایجاد شیءهای تصویری بزرگ را داده و بر عکس با انتخاب عددی کوچکتر به عنوان مقیاس، بخش‌های کوچکتری تولید می‌شود. علاوه بر آن تاثیر شکل به موازات همگنی شیءها می‌تواند تنظیم گردد. علاوه بر پارامتر مقیاس، باند مناسب نیز یکی دیگر از پارامترهای موثر در کیفیت طبقه‌بندی است. در تحلیل عارضه‌مبنا تصاویر علاوه بر امکان استفاده از بهترین ترکیب باندی برای طبقه‌بندی، امکان اعمال وزن برای هر کدام از باندها نیز وجود دارد. در تحقیق حاضر در تحلیل عارضه‌مبنا تصاویر نیز، همانند تحلیل پیکسل‌پایه از ترکیب باندی ۱-۲-۳ استفاده شد.

پس از اعمال وزن مناسب بر اساس باندهای تصویر اقدام به سگمنت‌سازی شد. در جداسازی پارامتر مقیاس ۳۰ انتخاب شد و معیار همگنی برای رنگ ۸/۰ و شکل ۹/۰، معیار نرمی شکل ۰/۰ و فشردگی ۱/۰ در نظر گرفته شد. پارامتر مقیاس یکی از مهم‌ترین موارد در طبقه‌بندی عارضه‌مبنا تصاویر است. مقیاس بزرگ اجازه ایجاد شیءهای تصویری بزرگ را داده و بر عکس با انتخاب عدد کوچک برای مقیاس شیءهای تصویری کوچک ایجاد می‌گردد.

در شکل (۶)، فرآیند جداسازی برای روش SVM با پارامتر مقیاس متفاوت نشان داده شده است. جداسازی چند تفکیکه محدوده‌هایی از کنتراست محلی را ایجاد می‌کند. این الگوریتم از توصیفات معیار ناهمگنی بر اساس اندازه شیءهای تصویری استفاده می‌کند. نواحی کوچک توسط محدوده‌هایی که احاطه شده‌اند در هم ادغام می‌شوند. با وجود این اگر استخراج محدوده‌های کوچک مدنظر باشد می‌توان جداسازی چند تفکیکه را با پارامتر مقیاس کوچکتر انجام داد. نتیجه نوعی جداسازی عبارت است از شیءهای تصویری با همگنی بالا و شیءهای تصویری با همگنی بالا و شیءهای تصویری با ناهمگنی پایین که در این میان شیءهای تصویری با همگنی پایینتر کنتراست بالایی را ارائه می‌دهند.



شکل ۶: فرایند سگمنت‌سازی برای روش SVM با پارامتر مقیاس‌های متفاوت

۲-۳-۱ طبقه‌بندی با روش SVM

در این مرحله با داشتن ویژگی‌های بدست آمده از مرحله قبل و استفاده از طبقه‌بندی ماشین‌بردار پشتیبان عمل طبقه‌بندی را انجام می‌دهیم. ماشین‌بردار پشتیبان (SVM) طبقه‌بندی آماری است که ابتداً با هسته‌هایی، داده‌ها را

به صورت غیرخطی به یک فضای با بعد بالا نگاشت می‌دهد و سپس سعی می‌کند ابرصفحه‌ای را پیدا کند که داده‌ها را با بیشترین حاشیه نسبت به این ابرصفحه از هم جدا کند. SVM در شکل کلی خود برای مسایل دو کلاسه استفاده می‌شود ولی این قابلیت را دارد که با استراتژی یکی مقابله دیگری یا یکی مقابله همه، برای مسایل چند کلاسه نیز استفاده شود. برای آموزش طبقه‌بندی و تشخیص هوایپما از نواحی مختلف فرودگاه و بخصوص تعداد بالایی از بدنه‌ی هوایپما، بافت هوایپما استفاده شده است. جهت بهینه نمودنتابع هسته خطی از تعداد ۱۸۰ مورد آموزش قسمت‌های مختلف هوایپما استفاده شده است، که سبب افزایش دقت و کاهش خطای طبقه‌بندی گردید.

۲-۳-۲ طبقه‌بندی با روش SLIC

روش SLIC بر مبنای روش کامینز است. در روش SLIC تمامی خوش‌های با مرکز خوش مورد نظر مقایسه نخواهد شد بلکه خوش‌هایی با مرکز مورد نظر مقایسه می‌شوند که در یک همسایگی نزدیک به مرکز مورد نظر باشند. به عبارتی فضای جستجو به یک همسایگی محدود می‌شود. در روش SLIC ابتدا تصویر به شبکه‌های کوچکی تقسیم‌بندی می‌شود، اندازه این گردیدهای توسط کاربر مشخص می‌شود. در ادامه هر گردیده عنوان یک شی اولیه در نظر گرفته می‌شود. در این روش نیز اپراتورهای بستن^۱، گشایش^۲، فرسایش^۳ و گسترش^۴ بر روی تصویر اعمال گردیده‌اند. ارزیابی دقت کلی محاسبه شده برای طبقه‌بندی با الگوریتم SLIC معادل ۹۲/۱۳٪ و ضربی کاپا نیز معادل ۹۰٪ محاسبه گردید.

۳- نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی و استخراج هوایپما از تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی بالا با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی پیکسل‌پایه و شی‌پایه پرداخته شد. که در این الگوریتم‌ها ابتدا یکسری تصاویر به عنوان فایل آموزشی مورد استفاده قرار گیرند. سپس با استفاده روش‌های مختلف پیکسل‌پایه و عارضه‌مبنا اقدام به طبقه‌بندی عوارض مختلف فرودگاه مورد مطالعه نمودیم. نتایج به دست آمده از روش طبقه‌بندی پیکسل‌پایه نشان داد که در این روش به دلیل استفاده صرف از ارزش‌های طیفی پیکسل‌ها در طبقه‌بندی، تصویر طبقه‌بندی شده کیفیت کمتری دارد و از نرمی و یکنواختی خوبی برخوردار نیست. جدول میزان خطاهای مربوط به روش‌های استخراج و شناسایی عوارض در فرودگاه را نشان می‌دهد. این مطلب در مورد تفکیک تیپ‌ها که باید دارای یک حداقل سطح و به نوعی ارزش طیفی به نسبت مشابه باشند، بیشتر مورد اشکال خواهد بود. در روش عارضه‌مبنا بعد از اجرای قطعه‌بندی از طریق گروه‌بندی پیکسل‌های همگن، تفکیک پدیده‌ها بهتر صورت گرفت. نتایج نشان داد که افزایش همگنی در درون پدیده‌ها همراه با توانایی روش عارضه‌مبنا در به کارگیری دانش کارشناسی مرتبط با پدیده‌ها، به طور کلی موجب افزایش صحت کلی و ضربی کاپا (میانگین) به ترتیب به مقدار ۹/۸۴ و ۱۰/۶۳٪ درصد شده است. بنابراین می‌توان انتظار داشت که این روش برای تفکیک پدیده‌های موضوعی همگن بویژه در زمینه تفکیک پدیده‌هایی که یکنواختی و همگنی خوبی دارند، بسیار مفید واقع شود. در واقع در روش طبقه‌بندی عارضه‌مبنا با توجه به در نظر گرفتن مقیاس یا تعداد دفعات ادغام پیکسل‌های مشابه از نظر طیفی و دیگر شاخص‌ها در عمل قطعه‌بندی، همگن شدن تصویر طبقه‌بندی شده به نوعی در نظر گرفته شده و موجب می‌شود تصویری بدون نویه داشته باشیم و این کار صحت را نیز افزایش می‌دهد. در بین روش‌های پیکسل‌پایه، روش حداکثر احتمال با دقت بالاتری توانسته است نتایج بهتری را در شناسایی هوایپما

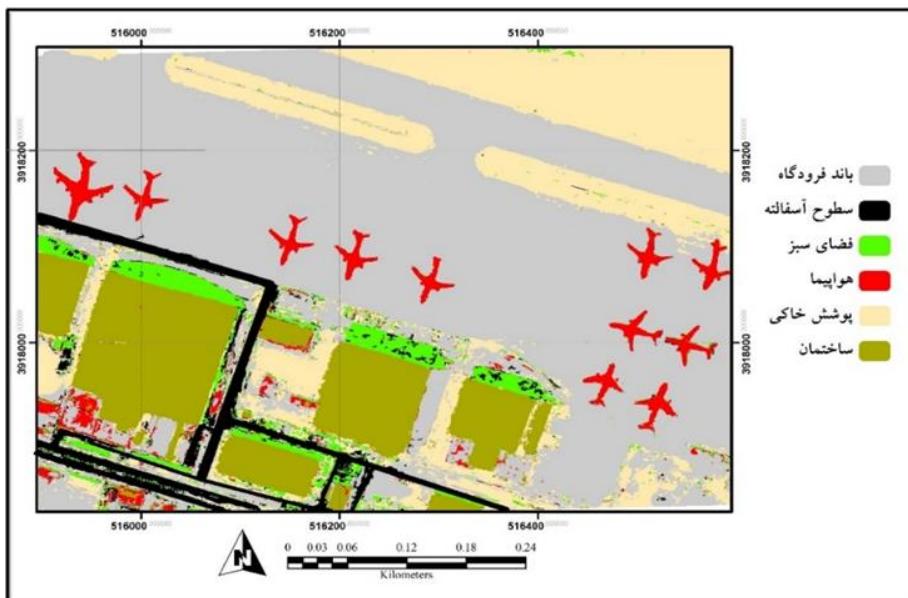
¹ Closing

² Opening

³ Erosion

⁴ Dilation

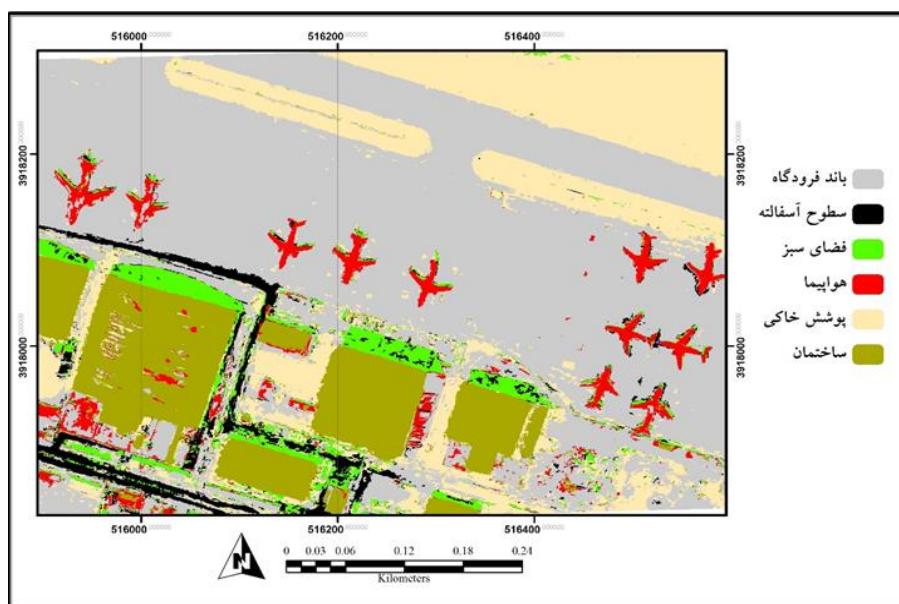
اراوه دهد. همچنین در بین فنون شیپایه به کار گرفته شده برای طبقه‌بندی، فن SVM توانسته است نتیجه بهتری را نسبت به روش SLIC ارائه کند



شکل ۷: طبقه‌بندی بر اساس روش SVM

جدول ۱: ماتریس خطای طبقه‌بندی SVM

تصویر مرجع تصویر طبقه‌بندی شده	باند فرودگاه	خاک لخت	هواپیما	فضای سبز	ساختمان	سطح آسفالت	آسفالت
باند فرودگاه	۳۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰
خاک لخت	۵	۳۸	۰	۰	۰	۰	۰
هواپیما	۱	۰	۱۸	۰	۰	۰	۰
فضای سبز	۰	۰	۰	۳۰	۰	۰	۴
ساختمان	۰	۶	۴	۰	۲۲	۰	۰
سطح آسفالت	۰	۰	۰	۶	۰	۴۴	۰



شکل ۸: طبقه‌بندی بر اساس روش SLIC

جدول ۲: ماتریس خطای طبقه‌بندی

تصویر طبقه‌بندی شده	تصویر طبقه‌بندی شده	فاصله	فاصله	فاصله	فاصله	فاصله	تصویر طبقه‌بندی شده
باند فرودگاه	باند فرودگاه	۰	۱	۰	۳	۱۴	۴۴
خاک لخت	خاک لخت	۰	۳	۰	۲	۳۶	۹
هواپیما	هواپیما	۶	۰	۰	۲۲	۱	۲
فضای سبز	فضای سبز	۱۱	۰	۳۴	۰	۰	۳
ساختمان	ساختمان	۴	۳۹	۱	۳	۲	۴
سطوح آسفالت	سطوح آسفالت	۴۵	۰	۳	۱	۰	۲

۴-بحث

مسئله طبقه‌بندی یکی از مسائل اصلی مطرح شده در سنجش از دور است و بسیاری از عوارض را می‌توان به صورت یک مسئله طبقه‌بندی مطرح کرده و حل کرد. روش‌های متعددی از طبقه‌بندی‌ها در دهه‌های گذشته توسعه پیدا کرد. برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیقتر اطلاعات روش‌های طبقه‌بندی مختلفی وجود دارد که با توجه به نوع روش مورد استفاده نتایج متفاوتی حاصل می‌شود. هر الگوریتم طبقه‌بندی یک روش پیاده‌سازی مخصوص به خود دارد و بسته به روشی که برای طبقه‌بندی تصویر در پیش می‌گیرد و همچنین امکاناتی که نرم‌افزار مورد استفاده در اختیار قرار می‌دهد با هم متفاوت خواهند بود. معمولاً هر چه الگوریتم روش قویتر باشد، نیاز به مراحل بیشتر و همچنین صرف زمان و دقت بیشتر است.

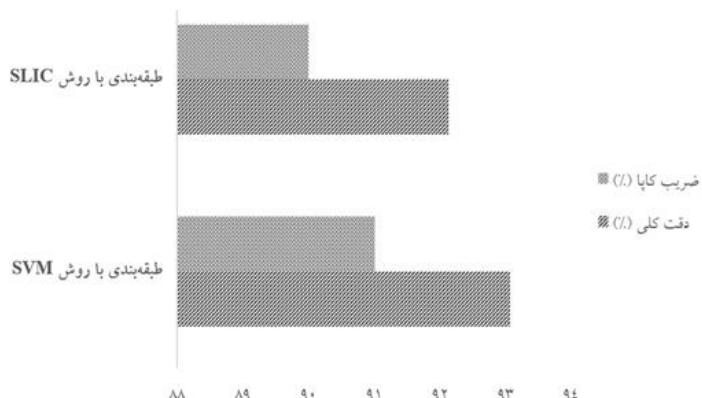
لازم استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن، است. صحت اطلاعات در واقع میزان احتمال درستی اطلاعات است. برای ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، با قطع دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه واقعیت زمینی حاصل از مطالعات میدانی، ماتریس خطای طبقه‌بندی شده و بر اساس آن دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردید. به منظور بدست آوردن دقت استخراج هواپیما، ابتدا ۱۵۱ نمونه تعلیمی از تصویر

استخراج شده و سپس نیمی از این نمونه‌ها برای طبقه‌بندی و بقیه برای ارزیابی دقت و محاسبه ماتریس توأم و پارامترهای ان شام دقت کلی، ضریب کاپا استفاده گردید. در جدول (۳) میزان خطاهای مربوط به روش‌های استخراج و شناسایی عوارض در فرودگاه مورد مطالعه آمده است. بنا به ارزیابی مقایسه‌ای صورت گرفته شده روش طبقه‌بندی SVM با میزان بالاترین دقت کلی ۹۳/۰۷ و ضریب کاپای ۰/۹۱ نسبت به روش SLIC با دقت کلی ۹۲/۱۳ و ضریب کاپای ۰/۹۰ برتری نسبی را دارد.

جدول ۳: میزان خطاهای مربوط به روش‌های استخراج و شناسایی عوارض در فرودگاه

ضریب کاپا	دقت کلی	ارزیابی روش‌های طبقه‌بندی
		طبقه‌بندی با روش SVM
۰/۹۱	۹۳/۰۷	
۰/۹۰	۹۲/۱۳	طبقه‌بندی با روش SLIC

نتایج این تحقیق نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک هواپیما با دقت مناسب در مقیاس محلی برخوردار است. امروزه در بسیاری از بخش‌ها، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای نه تنها هزینه چندانی ندارد، بلکه امتیازات آن به حدی است که هزینه خرید داده‌ها در مقابل سرعت انجام کار، دقت و حجم اطلاعات به دست آمده ناجیز می‌باشد. روش SVM در این تحقیق از بالاترین دقت برخوردار می‌باشد. روش SVM بر اساس کمینه کردن خطای داده‌های مجموعه‌ی تست می‌باشد، به همین دلیل در روش SVM دیگر مساله نگرانی قرار گرفتن در کمینه‌های محلی وجود ندارد. به همین دلیل دقت کلی و ضریب کاپای روش SVM بالاتر از روش‌های دیگر است.



شکل ۹: مقایسه دقت کلی و ضریب کاپای روش‌های مختلف طبقه‌بندی‌های مورد مطالعه.

مراجع

- [1] J. A. Richards, “Remote Sensing Digital Image Analysis”, Springer, vol. 1, pp. 439, 2006.
- [2] Borri.D, M. Caprioli, E. Tarantino, “Spatial Information Extraction from VHR Satellite Data to Detect land Cover Transformations”, Polytechnic University of Bari, Italy, 2005.
- [3] J. Mitche LLJ, N. Gle NN, “Subpixel abundance estimates in mixture-tuned matched filtering classifications of leafy spurge”, International Journal of Remote Sensing Vol. 22, pp. 6099 - 6119, 2009.
- [4] j. Gomisi, B. Sahebi, “TEMPLATE MATCHING diagnosis based on effects in satellite images, Geomatics Conference”, National mapping agency, 2007 (Persian).
- [5] A. Sarkagar Ardakani, M. Valadan Zoj, “Analysis Force Space fire around the country using RS, GIS”, pp. 25-34, 2009 (Persian).

- [6] Y. Jafari Goldarq, "review and evaluation of environmental parameters affecting fire occurrence in the woods with an emphasis on remote sensing technology (Case study forests north of the country)", Ms.c Thesis, Khajeh Nasir Toosi University of Technology, 2011.
- [7] B. Martin, and A. Schäpe. "Object-oriented and multi-scale image analysis in semantic networks", 2nd international symposium: operationalization of remote sensing, 1999.
- [8] R. Julien, Pierre Defourny, and Patrick Bogaert. "Comparison of pixel-and object-based sampling strategies for thematic accuracy assessment." GEOBIA 2008-Pixels, Objects, Intelligence, pp. 5-8, 2008.
- [9] Yang, Guang, et al. "Study on automatic detection of airplane object in remote sensing images." Fuzzy Information and Engineering Volume 2. Springer Berlin Heidelberg, pp. 77-85, 2009.
- [10] L. Desheng, and Fan Xia. "Assessing object-based classification: advantages and limitations", Remote Sensing Letters, vol. 1.4, pp.187-194, 2010.
- [11] A. Milan Lak and M. Majd Abadi, "feature extraction from images using fuzzy logic Case Study Karun River in Landsat imagery", geomatics national conference, national mapping agency, 2006 (Persian).
- [12] S. Negahbani and M. j. Valadan zoj, "detection algorithms in hyperspectral imaging", geomatics national conference, national mapping agency, 2008 (Persian).
- [13] H. Dehqaniyan and M. j. Valadan zoj, "Network for the automatic extraction and analysis of satellite images using a genetic algorithm image classification", the National Geomatics Conference, national mapping agency 2008 (Persian).
- [14] R. Atarzade and M. Momeni, "Building automatic extraction using object-oriented analysis of large-scale satellite images", Sixth Conference on Machine Vision and Image Processing, 2010 (Persian).
- [15] <http://www.airport.ir/statistics/Pages/flight-status84-91.aspx>.
- [16] A. Sadgei Nad, and H. Sahamei Noshabadei, fundamental of Remote sensing, published by University of Imam Hosain, pp. 28. 1999 (Persian).
- [17] D. Borri, M. Caprioli, and E. Tarantino, Spatial Information Extraction from VHR Satellite Data to Detect Land Cover Transformations, Polytechnic University of Bari, Italy, pp. 105, 2005.
- [18] G. Mountrakis, J. Im, and C. Ogole, "Support vector machines in remote sensing" A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 13, pp. 247-259, 2011.
- [19] D. Delen, G. Walker and A. Kadam, "Predicting breast cancer survivability: a comparison of three data mining methods", J. Artificial Intelligence in Medicine, vol. 34, pp. 113-27, 2010.
- [20] A. Radhakrishna, Sh. Appu, and S. Kevin, "SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 34, pp. 2274 - 2282, 2012.
- [21] C. Mingmin, L. Bruzzone, "Semi supervised Classification of Hyperspectral Images by SVMs Optimized in the Primal", Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 45, pp.1870-1880, 2007.
- [22] G.F. Hughes, "On the mean accuracy of statistical pattern recognition", IEEE Transactions on Information Theory IT, vol. 14, pp. 55-63, 1968.