

اثر خطای زمین مرجع نمودن بر روی بازتابندگی در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین در مناطق شهری

ابوالفضل احمدیان مرجع: دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران *
محمدرضا مباحثری: دانشیار گروه سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
علی اکبر متکمان: دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۹/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۱۷، صص ۱۴-۱

چکیده

زمین مرجع نمودن تصاویر ماهواره‌ای یکی از مراحل ضروری و اولیه در بسیاری از پردازش‌های سنجش از دوری است. این موضوع در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین، به دلیل دشواری در تعیین دقیق نقاط کنترل، نسبت به تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا از دقت کمتری برخوردار است. هنگام استفاده از این تصاویر در مناطق شهری به دلیل پیچیدگی سطح شهر و وجود کلاس‌های مختلف در هر پیکسل (وجود پیکسل‌های مختلط) زمین مرجع نمودن کاری دشوار خواهد بود و دارای خطا است. وجود خطا در این حالت باعث جابجایی پیکسل‌ها نسبت به موقعیت واقعی شده، که این موضوع ایجاد خطا در مقادیر بازتابندگی پیکسل‌ها را در پی خواهد شد. در این پژوهش سعی در بررسی تاثیر این خطا بر روی بازتابندگی پیکسل‌ها نسبت به موقعیت دقیق آنها گردیده است. برای این منظور ابتدا با استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و همچنین قدرت تفکیک طیفی بالا، نقشه کلاس‌های سطح شهر و طیف بازتابندگی آنها بدست آمد. سپس با شبیه سازی وجود خطا در زمین مرجع کردن تصاویر ۵۰۰ متری سنجنده MODIS میزان تغییرات بازتابندگی و خطای نسبی آن در موقعیت‌های جدید و برای باندهای مختلف بدست آمد. از نتایج بدست آمده مشخص گردید اثر این خطا در مناطق شهری با بافت تکراری برای کلیه باندها و تا میزان ۰/۵ پیکسل جابجایی کمتر از ۱۰ درصد و برای مناطق دارای تغییر بافت بین ۱۰ تا ۵۰ درصد است که میزان خطا با افزایش فاصله از موقعیت صحیح پیکسل افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: زمین مرجع، بازتابندگی، قدرت تفکیک مکانی، کلاسه بندی

۱- مقدمه

سنجش از دوری اثرگذار خواهد بود. دقت زمین مرجع نمودن ارتباط مستقیمی با ابعاد پیکسل‌های تصویر دارد. هرچه ابعاد پیکسل کوچکتر باشد دقت زمین مرجع نمودن بالاتر است و برعکس هرچه ابعاد پیکسل بزرگتر باشد دقت کاهش خواهد یافت. در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا با توجه به اینکه

زمین مرجع نمودن تصاویر در مطالعات سنجش از دور از اهمیت بالایی برخوردار است. از آنجائی که این موضوع مستقیماً به تعیین محل یک پیکسل در روی زمین مربوط می‌شود، در دقت نتایج پردازش‌های

تصویر می‌توان طیف بازتابندگی هر ماده را در بخش‌هایی از طیف الکترومغناطیس تعیین کرد. معمولاً اطلاعات مکانی که همان درصد حضور مواد است، از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا و نقشه‌های کاربری زمین بدست می‌آید. مدل اختلاط طیفی روشی برای کمی کردن بازتابندگی است. تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که در محیط شهری بازتابندگی اندازه‌گیری شده بوسیله سنجنده، ترکیبی خطی از بازتابندگی مواد واقع در میدان دید لحظه‌ای سنجنده است. در نتیجه برای محیط‌های شهری نیز می‌توان از مدل اختلاط طیفی خطی استفاده کرد [۳].

در این پژوهش نیز به منظور محاسبه بازتابندگی در پیکسل‌ها از مدل اختلاط طیفی خطی استفاده شده است. بدین صورت که در ابتدا با استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا درصد حضور مواد در هر پیکسل مشخص شده و با استفاده از طیف هر ماده با استفاده از رابطه زیر بازتابندگی در آن پیکسل بدست خواهد آمد:

$$\rho_s = n_1\rho_1 + n_2\rho_2 + n_3\rho_3 + \dots$$

که ρ_1 و ρ_2 و ... بازتابندگی هر یک از کلاس‌ها در یک باند بخصوص و n_1, n_2, n_3 و ... درصد حضور هر یک از کلاس‌ها در پیکسل و ρ_s بازتابندگی بازسازی شده پیکسل در آن باند است.

۱-۱. پیشینه پژوهش

تقریباً همه پیکسل‌های شهری تصویر شده بوسیله سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک مکانی پایین یا متوسط، پیکسل مختلط‌اند. بازتابندگی پیکسل مختلط، ترکیبی از چندین عارضه جداسازی است که درون میدان دید سنجنده قرار گرفته‌اند. یکی از روش‌های معمول برای توصیف محیط‌های شهری استفاده از روش‌های طبقه-

تشخیص عوارض کوچکتر به منظور انتخاب نقاط کنترل با دقت بالاتری امکان پذیر است، زمین مرجع نمودن و دستیابی به دقت بالاتر راحت‌تر و برعکس در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین با توجه دشواری تشخیص عوارض و انتخاب دقیق نقاط کنترل زمین مرجع نمودن دشوارتر است.

در این پژوهش سعی بر این است که با ارائه روشی میزان اثر این خطا بر روی بازتابندگی پیکسل‌ها در مناطق شهری با بافت تکراری در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین مشخص گردد. برای این منظور با جابجایی فرضی پیکسل‌ها در جهات مختلف و محاسبه بازتابندگی پیکسل در هر حالت و مقایسه با بازتابندگی واقعی پیکسل اثر خطای زمین مرجع نمودن محاسبه خواهد شد.

برای دستیابی به این مورد نیاز به نقشه کلاس‌های مختلف سطح شهر و بازتابندگی آنها است. معمول‌ترین روش برای توصیف محیط‌های شهری با استفاده از تصاویر سنجنش از دور، طبقه بندی پوشش زمین و استفاده از مدل‌های جداسازی ۱ است [۲]. یکی

از پرکاربردترین این مدل‌ها به منظور تجزیه پیکسل مختلط در محیط شهری، مدل اختلاط طیفی ۲ خطی است، که آنرا می‌توان به دو دسته کلی مدل‌های جداسازی طیفی و مکانی ۳ تقسیم کرد. در مدل‌های جداسازی طیفی، با استفاده از اطلاعات طیفی مواد موجود در تصویر، می‌توان درصد حضور هر ماده را در پیکسل مختلط محاسبه کرد. در مدل‌های جداسازی مکانی، با استفاده از اطلاعات مکانی مواد موجود در

¹Unmixing Model

²Spectral Mixture Analysis (SMA)

³Spectral / Spatial Unmixing

و برای ارزیابی کمی نیز به مقایسه باندهای مشترک دو تصویر MERIS و Landsat و تصویر نهایی پرداخته شد [۵].

روش جداسازی مکانی در سال ۲۰۰۵ بوسیله Victor F. Haertel و همکاران برای تعیین طیف گیاه و خاک در جنگل‌های آمازون با استفاده از تصاویر MODIS و Landsat ETM+ به ترتیب با قدرت تفکیک‌های مکانی ۵۰۰ و ۲۵ متر، در برزیل بکار برده شد. تصویر Landsat ETM+ با نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ با دقت ۰/۵ پیکسل زمین مرجع گردید و از تصویر زمین مرجع شده MODIS نیز با فرض مناسب بودن دقت آن استفاده شد. برای ارزیابی نتایج درصد حضور مواد در تصویر لندست یک بار با استفاده از روش جداسازی طیفی و یکبار با بکارگیری طیف‌های حاصل از روش جداسازی مکانی محاسبه شده است [۶].

در بیشتر روش‌های مذکور، نحوه انتخاب پیکسل‌های تصویر برای تشکیل معادلات و همچنین تعیین نوع و تعداد مواد موجود در هر پیکسل مورد بحث قرار گرفته است. با بررسی کلی این تحقیقات در مورد روش جداسازی مکانی می‌توان گفت چالش‌ها و مسائل زیادی در خصوص استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا مطرح است. در این زمینه علی‌دوست و همکاران در سال ۲۰۱۲ با استفاده از اطلاعات مکانی تصویر با قدرت تفکیک مکانی بالا (IKONOS) و اطلاعات طیفی تصویر دیگری با قدرت تفکیک طیفی بالا (Hyperion) و استفاده از روش جداسازی مکانی خطی، طیف بازتابندگی برخی از مواد شهری را تعیین کردند [۱].

بندی و مدل‌های جداسازی است. تحلیل اختلاط طیفی، از پرکاربردترین مدل‌های جداسازی است، که بازتابندگی پیکسل مختلط را به صورت ترکیب خطی از بازتابندگی و درصد حضور هر یک از مواد موجود در آن پیکسل بیان می‌کند. تحلیل اختلاط طیفی به دو مدل جداسازی طیفی و مکانی تقسیم می‌شود، که هدف در مدل جداسازی مکانی، تعیین طیف بازتابندگی کلاس‌ها است.

روش تلفیق تصاویر بر اساس مدل جداسازی مکانی برای افزایش دقت رادیومتریکی و مکانی تصاویر را Boris Zhukov و همکاران در سال ۱۹۹۹ با استفاده از تصاویر Landsat TM و ASTER داده‌های DAIS-7915 به ترتیب با قدرت تفکیک‌های مکانی ۳۰، ۱۵ و ۶ متر انجام دادند. در این پژوهش حساسیت مدل به خطاهای سنجنده بررسی گردید و نشان داده شد که خطای ثبت متقابل دو تصویر ۱ نباید بیشتر از ۰/۱-۰/۲ اندازه پیکسل تصویر با قدرت تفکیک مکانی پایین باشد. در این تحقیق از طبقه‌بندی کننده IsoData برای تعیین درصد حضور مواد استفاده گردید [۴].

تلفیق تصاویر بر اساس مدل جداسازی مکانی در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ بوسیله J. Amoros Lopez و همکاران برای تلفیق تصاویر MERIS و Landsat به ترتیب با قدرت تفکیک‌های مکانی ۳۰۰ و ۲۵ متر و با تعداد ۱۵ و ۶ باند در اسپانیا بررسی گردید. در این تحقیقات استفاده از خوشه‌بندی فازی نقشه خودسازمانده ۲ برای تعیین معادلات و مجهولات بهینه و بررسی تاثیر تغییر تعداد آنها مدنظر قرار گرفته است. برای ارزیابی کیفی تصویر نهایی از NDVI استفاده شد

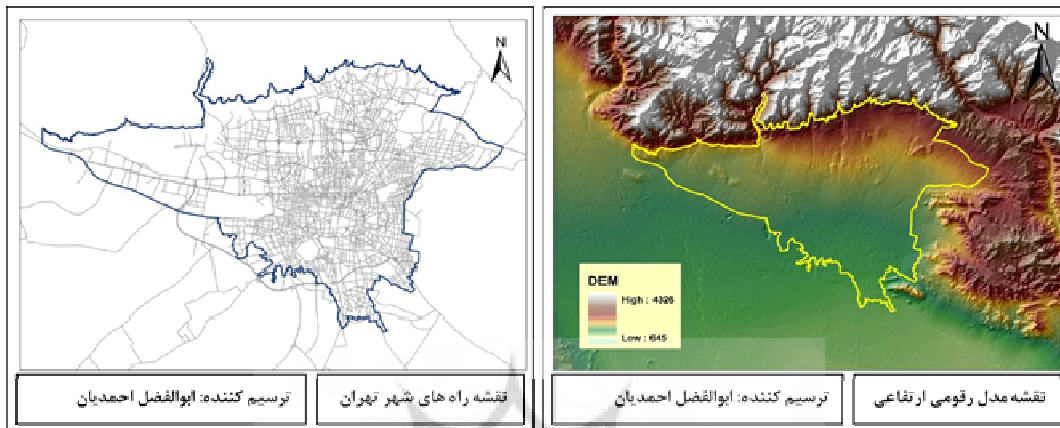
¹Co-Registration

²SOM

۲-۱. منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

از آنجاییکه در این پژوهش سعی در بررسی اثر خطای زمین مرجع نمودن تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین بر روی بازتابندگی پیکسل‌ها در مناطق شهری

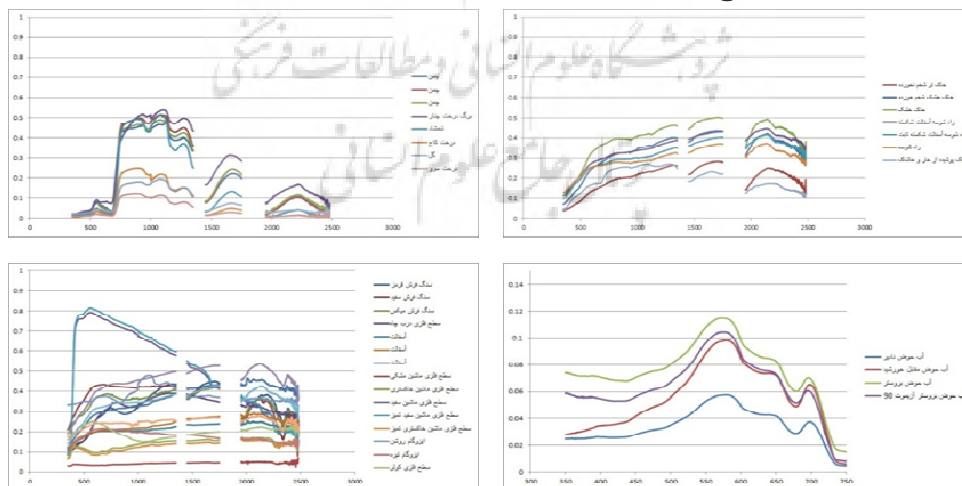
است کلان‌شهر تهران بعنوان محدوده مطالعاتی انتخاب گردید. تهران در شمال کشور ایران و جنوب دامنه‌رشته کوه البرز واقع شده است و مساحت آن در حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت محدوده شهر تهران

نقشه‌های بزرگ مقیاس موجود از شهر است. این داده‌ها به منظور کلاسه بندی سطح شهر با استفاده از تصاویر ماهواره و همچنین ارزیابی نتایج کلاسه بندی استفاده خواهد شد (شکل ۲).

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به دو بخش داده‌های زمینی و داده‌های ماهواره‌ای تقسیم می‌شود. داده‌های زمینی شامل داده‌های میدانی جمع‌آوری شده از کلاس‌های مختلف در سطح شهر، نتایج طیفسنجی کلاس‌های مختلف سطح شهر و همچنین



شکل ۲. طیف سنجی میدانی از کلاس‌های مختلف سطح شهر

همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود ابتدا نقشه کلاس‌های موجود در سطح شهر با استفاده از کلاس‌بندی تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا تولید می‌شود. حال با همپوشانی دادن یک تصویر با قدرت تفکیک مکانی پایین و نقشه کلاس‌ها، سهم هر کلاس در پیکسل مشخص شده که با استفاده از طیف بازتابندگی کلاس‌ها و مدل اختلاط طیفی خطی، محاسبه بازتابندگی در آن پیکسل امکان‌پذیر خواهد بود. به منظور بررسی اثر خطای زمین مرجع نمودن تصاویر بر روی میزان بازتابندگی پیکسل، محل پیکسل بصورت فرضی تغییر داده شده و پس محاسبه درصد حضور جدید کلاس‌ها، مجدداً بازتابندگی پیکسل محاسبه می‌گردد. با مقایسه بازتابندگی پیکسل در موقعیت صحیح و بازتابندگی در موقعیت‌های جدید امکان بدست آوردن اثر جابجایی بر روی بازتابندگی پیکسل امکان‌پذیر خواهد بود.

۱-۳-۱. تولید نقشه کلاس‌های سطح شهر

در اولین مرحله از این پژوهش اقدام به تولید نقشه کلاس‌های سطح شهر با استفاده از تصاویر GEOEYE گردید. با استفاده از نقشه‌های بزرگ مقیاس موجود و انجام بازدیدهای میدانی در چندین نقطه از سطح شهر و تعیین کلاس‌ها در آن مناطق، نقشه کلاس‌های موجود در سطح شهر به کمک روش‌های کلاس‌بندی نظارت شده بدست آمد. روش استفاده شده برای کلاس‌بندی یک روش ترکیبی از چندین روش نظارت شده است که پس از ارزیابی نتایج مشخص گردید از دقت بالاتری نسبت هر کدام از روش‌ها برخوردار است. در این پژوهش ۴ کلاس اصلی گیاه، خاک، سطوح نفوذ ناپذیر و آب در نظر گرفته شده که با توجه به گستردگی و تنوع کلاس‌های اصلی گیاه،

داده‌های ماهواره‌ای نیز شامل تصاویر Geoeye، Hyperion و MODIS است. تصاویر Geoeye در ۴ باند (آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز) و با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر اخذ می‌شوند. در این پژوهش تصاویر اخذ شده در سال ۲۰۱۲ که در شهرداری تهران موجود است و توسط این سازمان و با استفاده از نقشه‌های بزرگ مقیاس زمین مرجع شده‌اند بکار گرفته شد. این تصاویر پوشش کاملی از شهر را بدست می‌دهند و می‌توان جزئیات ساختار شهری را از آن استخراج کرد، که با توجه به این موضوع از این تصاویر به منظور کلاس‌بندی سطح شهر استفاده خواهد شد (شکل ۳). تصاویر سنجنده Hyperion دارای قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر بوده و در ۲۴۷ باند تصویر برداری می‌کند. در این پژوهش از یک تصویر هایپریون مربوط به بخشی از شهر که تاریخ آن نزدیک به تاریخ تصویر Geoeye است استفاده خواهد شد. تصاویر MODIS نیز بصورت روزانه در ۳۶ باند و با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر اخذ می‌شوند، در این پژوهش از معادل تصاویر ۵۰۰ متری آن که در ۷ باند است استفاده می‌شود.



شکل ۳. تصویر GEOEYE شهر تهران

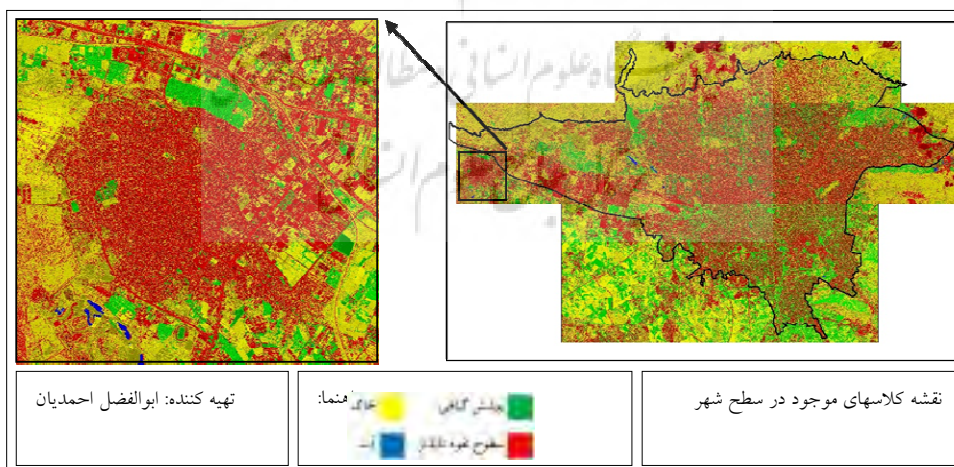
۱-۳. روش تحقیق

کلاسه‌بندی در سطح شهر ارائه شده است. نکته قابل توجه این است که نقشه کلاس‌ها فقط یکبار بدست می‌آید و پس از آن بصورت ثابت از آن استفاده می‌شود.

خاک و سطوح نفوذ ناپذیر این کلاس‌ها هر کدام به ۳ زیر کلاس مختلف تقسیم‌بندی گردیده‌اند. بنابراین در مجموع سطح شهر در ۱۰ کلاس مختلف و در پیکسل‌های ۱ متری کلاسه‌بندی شد. در شکل ۵ نقشه

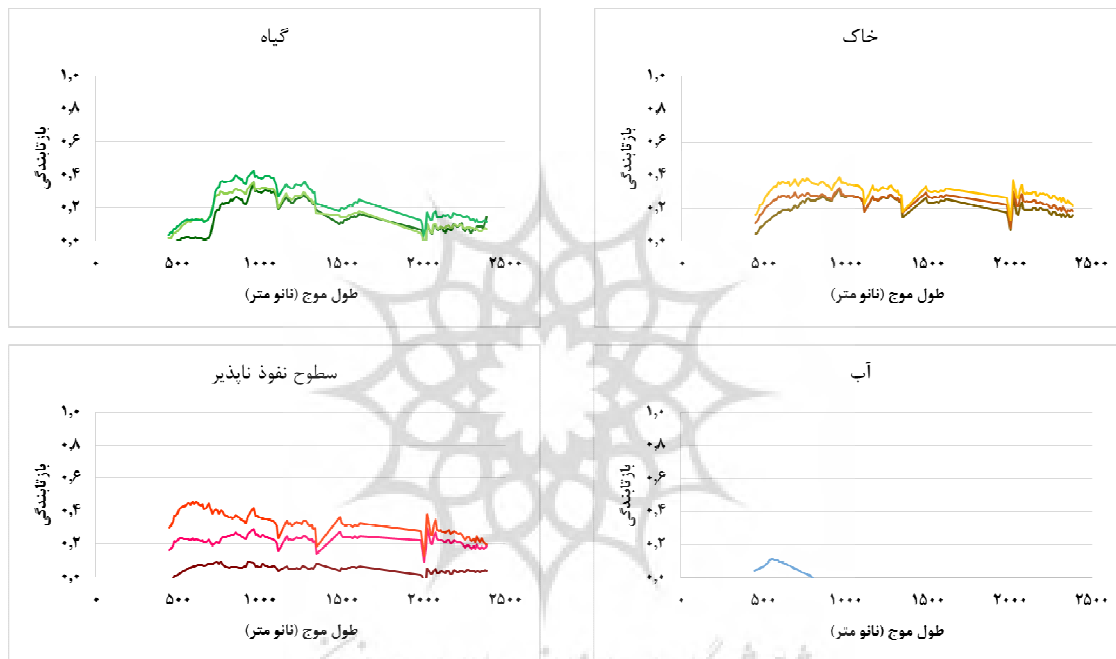


شکل ۴. روندنمای انجام پژوهش



شکل ۵. نقشه کلاسه بندی سطح شهر

آن موجود بود با استفاده همپوشانی تصویر و نقشه کلاس‌های سطح شهر، درصد حضور کلاس‌های مختلف در پیکسل‌های هایپریون بدست آمد. حال با استفاده از مدل اختلاط طیفی خطی و بازتابندگی هر پیکسل، بازتابندگی هر کلاس در باندهای مختلف بدست آمد. در شکل ۶ بازتابندگی بدست آمده برای کلاس‌های موجود در سطح شهر نشان داده شده است.



شکل ۶. بازتابندگی بدست آمده برای کلاس‌ها در سطح شهر

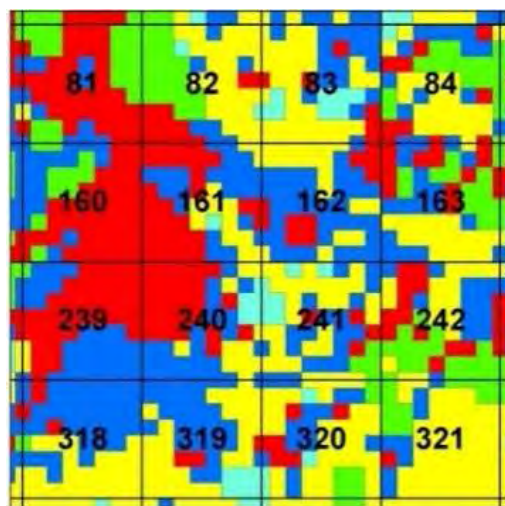
همپوشانی تصویر و نقشه کلاس‌ها درصد حضور کلاس‌های مختلف در هر پیکسل مشخص گردید. سپس با استفاده از بازتابندگی کلاس‌ها و مدل اختلاط طیفی خطی، بازتابندگی در هر باند شبیه سازی می‌شود.

۱-۳-۲. محاسبه بازتابندگی کلاس‌ها
روش انتخاب شده مبتنی بر تغییرات بازتابندگی پیکسل‌ها بوده و محاسبه بازتابندگی در یک پیکسل خاص نیازمند اطلاع از درصد حضور کلاس‌های مختلف به‌مراه بازتابندگی آنها است. برای محاسبه بازتابندگی کلاس‌ها از تصاویر هایپریون استفاده شده است. در یک منطقه از سطح شهر که تصویر هایپریون

۱-۳-۳. شبیه سازی بازتابندگی پیکسل‌ها
از آنجاییکه هدف بررسی اثر خطای زمین مرجع کردن در پیکسل‌های ۵۰۰ متری سنجنده MODIS است در این مرحله یک تصویر فرضی زمین مرجع شده با پیکسل‌های ۵۰۰ متر انتخاب و کار بر روی آن ادامه داده شد. با فرض اینکه تصویر فرضی فوق از لحاظ موقعیت پیکسل‌ها کاملاً دقیق است، موقعیت کنونی پیکسل‌ها بعنوان موقعیت مبنا در نظر گرفته شد. با

جهت مختلف وجود دارد. همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود امکان جابجایی یک پیکسل در ۸ جهت مختلف وجود دارد که بر حسب موقعیت جدید و با انجام مجدد همپوشانی تصویر و نقشه کلاسه بندی بازتابندگی پیکسل در موقعیت جدید بدست می‌آید. جابجایی پیکسل‌ها در هر جهت با فواصل ۲۰ متری انجام می‌شود تا جایی که به اندازه یک پیکسل جابجایی انجام شود. با توجه به ابعاد ۵۰۰ متری پیکسل و جابجایی ۲۰ متری، در هر جهت ۲۵ حالت اتفاق می‌افتد.

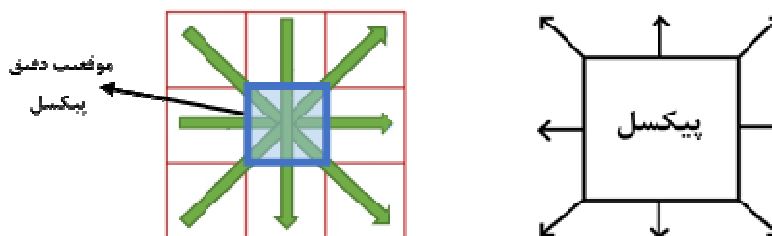
تصویر MODIS فرضی استفاده شده دارای ابعاد ۹۱*۱۶ پیکسل بوده و برای کلیه پیکسل‌ها و در تمامی جهت‌ها بازتابندگی جدید در باندهای مختلف محاسبه شد. برای ساده تر شدن محاسبات، ۸ جهت اشاره شده به صورت چهار جهت قراردادی (غرب تا شرق، شمال تا جنوب، شمال غرب تا جنوب شرق و جنوب غرب تا شمال شرق) در نظر گرفته شد. برای مثال موقعیت فرضی پیکسل به اندازه یک پیکسل در سمت غرب موقعیت واقعی در نظر گرفته شده و بتدریج با گام‌های ۲۰ متری به سمت شرق حرکت کرده تا به اندازه یک پیکسل در سمت شرق برسد. در شکل ۸ چهار جهت قراردادی نسبت به یک پیکسل نشان داده شده است.



شکل ۷. روی هم اندازی تصویر MODIS و نقشه کلاسه بندی شده برای محاسبه درصد حضور کلاس‌ها در هر پیکسل

بازتابندگی فوق بعنوان بازتابندگی مبنا برای هر پیکسل در نظر گرفته می‌شود. حال در صورتیکه زمین مرجع نمودن تصویر دارای خطا باشد و موقعیت پیکسل‌ها تغییر کند، بازتابندگی پیکسل‌ها تغییر خواهد کرد که لازم است میزان خطا در بازتابندگی ناشی از این خطای زمین مرجع محاسبه شود.

۳-۱-۴. شبیه سازی وجود خطا در زمین مرجع کردن با تغییر مکان فرضی پیکسل‌ها
در این مرحله به منظور بررسی اثر خطای زمین مرجع کردن در بازتابندگی، سعی در جابجایی مکانی پیکسل‌ها بصورت فرضی خواهد شد. در صورت وجود خطا در زمین مرجع کردن، امکان جابجایی یک پیکسل در



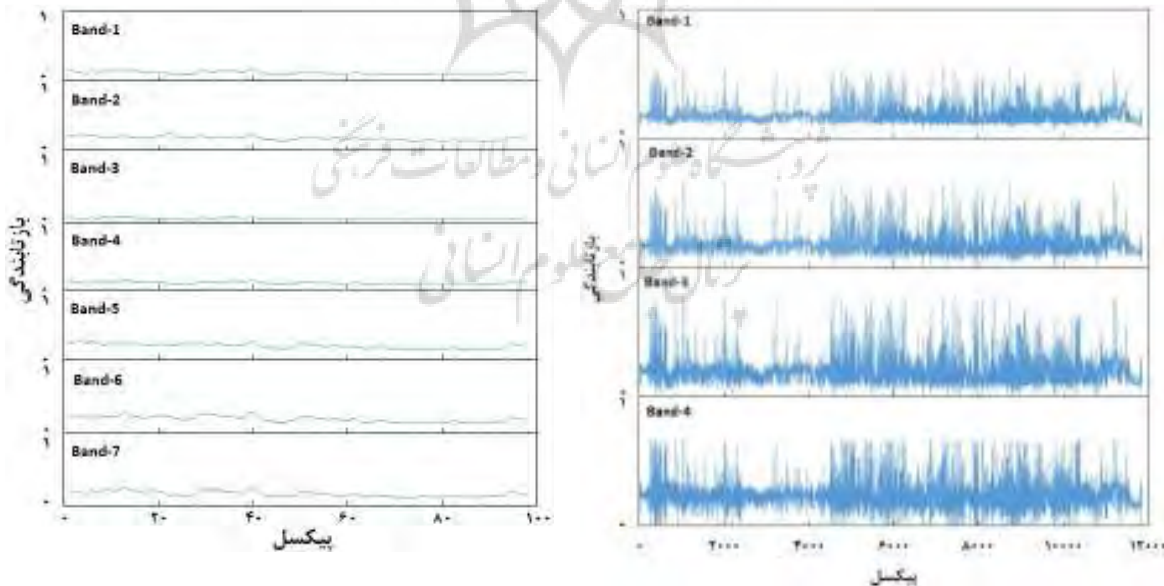
شکل ۸. جابجایی موقعیت پیکسل در جهت مختلف با گام‌های ۲۰ متری (سمت راست) چهار جهت قراردادی برای موقعیت فرضی یک پیکسل (سمت چپ)

بالا و پایین در سطح شهر نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا به دلیل ابعاد کوچک پیکسل‌ها تغییرات بازتابندگی از یک پیکسل به پیکسل دیگر به دلیل امکان تغییر کلاس در آن پیکسل دارای تغییرات زیاد است. اما در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین‌تر به دلیل ابعاد بزرگ پیکسل، تغییرات بازتابندگی از یک پیکسل به پیکسل دیگر دارای تغییرات زیاد نخواهد بود. این موضوع به دلیل بافت تکراری شهر است که باعث یکسان نگه داشتن درصد حضور هر کلاس در پیکسل‌ها است. در شکل ۱۱ تغییرات RMSE و RMSE نسبی برای دو تصویر نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود مقادیر برای تصویر MODIS که قدرت تفکیک مکانی پایین تری دارد کمتر (کمتر از ۲۰ درصد) و برای تصویر GEOEYE مقادیر بیشتر (بین ۲۰ تا ۵۰ درصد) است.

در پایان برای هر پیکسل و در هر جهت ۵۱ مقدار بازتابندگی بدست آمد که ۲۶ امین مقدار، بازتابندگی در موقعیت صحیح است. در این مرحله به منظور بررسی تغییرات بازتابندگی پیکسل‌ها مقادیر خطای نسبی در فواصل مختلف جابجایی پیکسل‌ها محاسبه شد. بدین صورت که برای کلیه پیکسل‌ها خطای نسبی در فواصل مختلف جابجایی نسبت به موقعیت واقعی پیکسل محاسبه گردید. از آنجائیکه فرض بر استفاده از تصویر MODIS ۵۰۰ متری بود بنابراین مراحل فوق برای ۷ باند مشابه بصورت مجزا صورت گرفت و خطاهای نسبی برای هر باند بدست آمد.

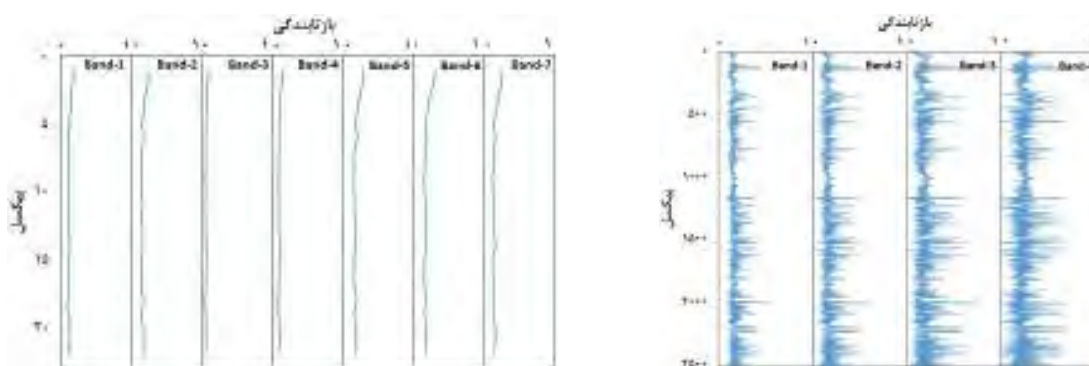
۲- یافته‌های تحقیق

در یک محدوده شهری، عمدتاً کلاس‌های موجود در سطح شهر دارای تغییرات زیاد می‌باشند و این موضوع منجر به پیچیدگی در تصویر سطح شهر می‌گردد. برای نمونه در شکل‌های ۹ و ۱۰ پروفیل طولی و عرضی بازتابندگی در دو تصویر با قدرت تفکیک‌های مکانی

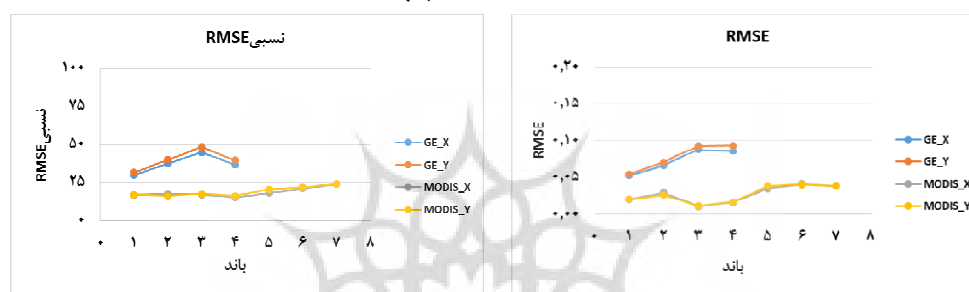


شکل ۹. پروفیل طولی بازتابندگی در تصویر Geoeye (سمت راست) پروفیل طولی بازتابندگی در تصویر MODIS (سمت

چپ)



شکل ۱۰. پروفیل عرضی بازتابندگی در تصویر Geoeye (سمت راست) پروفیل عرضی بازتابندگی در تصویر MODIS (سمت چپ)



شکل ۱۱. تغییرات RMSE برای دو تصویر و در باندهای مختلف (سمت راست) تغییرات RMSE نسبی برای دو تصویر و در باندهای مختلف (سمت چپ)

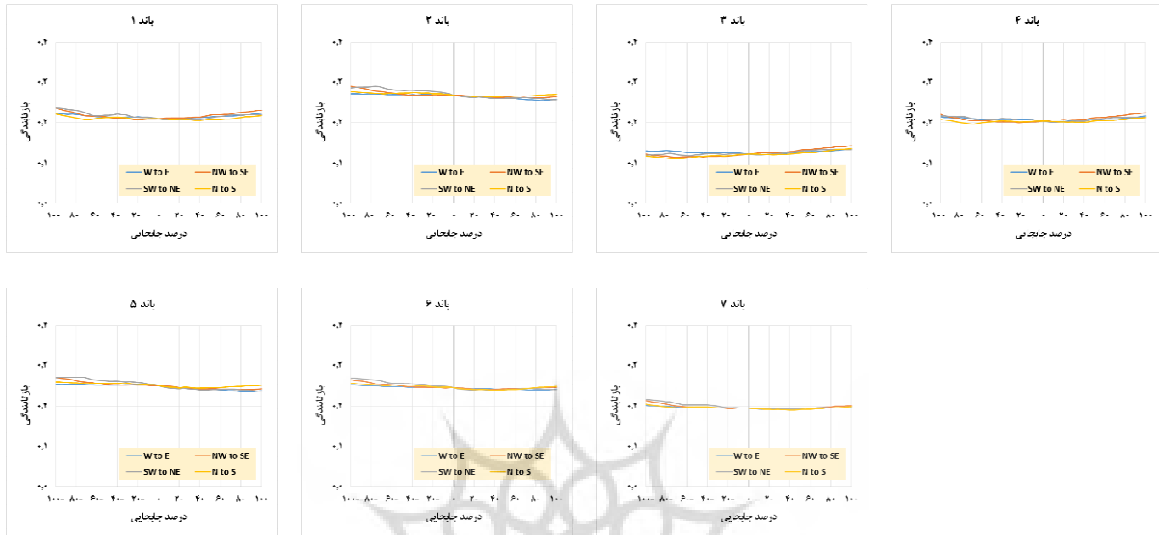
مناطق با بافت تکراری تغییرات بازتابندگی زیاد ناست و بنابراین خطای مربوطه نیز مقدار کمی دارد، ولی برای محدوده‌ای که به یکباره بافت شهر تغییر می‌کند تغییرات بازتابندگی مقادیر بیشتری است که باعث افزایش خطا است. در این حالت برای مناطقی که در محدوده مرز این تغییر بافت قرار دارند عمدتاً با افزایش فاصله نسبت به موقعیت صحیح، خطا افزایش می‌یابد.

همچنین در بررسی‌های صورت گرفته در مراحل ابعاد پیکسل‌های تصویر بصورت کوچکتر در نظر گرفته شد و مجدداً اثر خطای زمین مرجع کردن بررسی گردید. با کوچک شدن ابعاد پیکسل (افزایش قدرت تفکیک مکانی) به دلیل افزایش تغییرات کلاس‌ها در یک

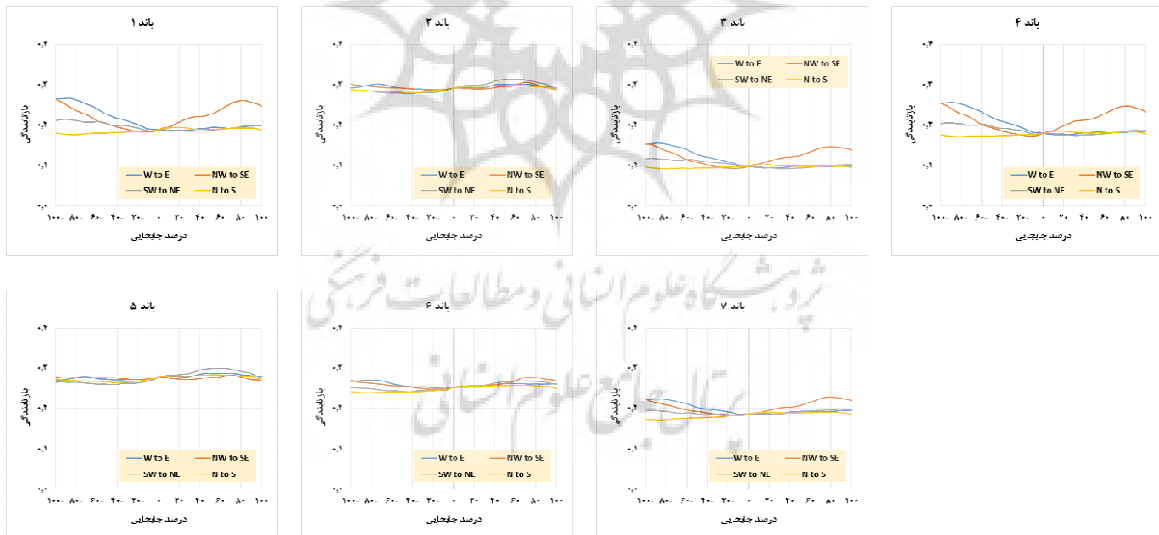
با جابجایی پیکسل در جهات مختلف نسبت به موقعیت اصلی، بازتابندگی آن تغییر می‌کند. در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ تغییرات بازتابندگی برای یک پیکسل در جهت‌های قراردادی نشان داده شده است. پیکسل مربوط به شکل ۱۲ در یک منطقه با بافت تکراری است و پیکسل مربوط به شکل ۱۳ برای یک محدوده‌ای در حاشیه یک منطقه با پوشش یکسان است. همچنین در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ میزان خطای نسبی بازتابندگی با توجه به جابجایی پیکسل در جهت‌های قراردادی نشان داده شده است، که شکل ۱۴ مربوط به یک محدوده با بافت تکراری و شکل ۱۵ مربوط به یک محدوده دارای تغییر بافت است. همانگونه که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود برای

این خطا بر روی بازتابندگی پیکسل‌ها افزایش خواهد یافت.

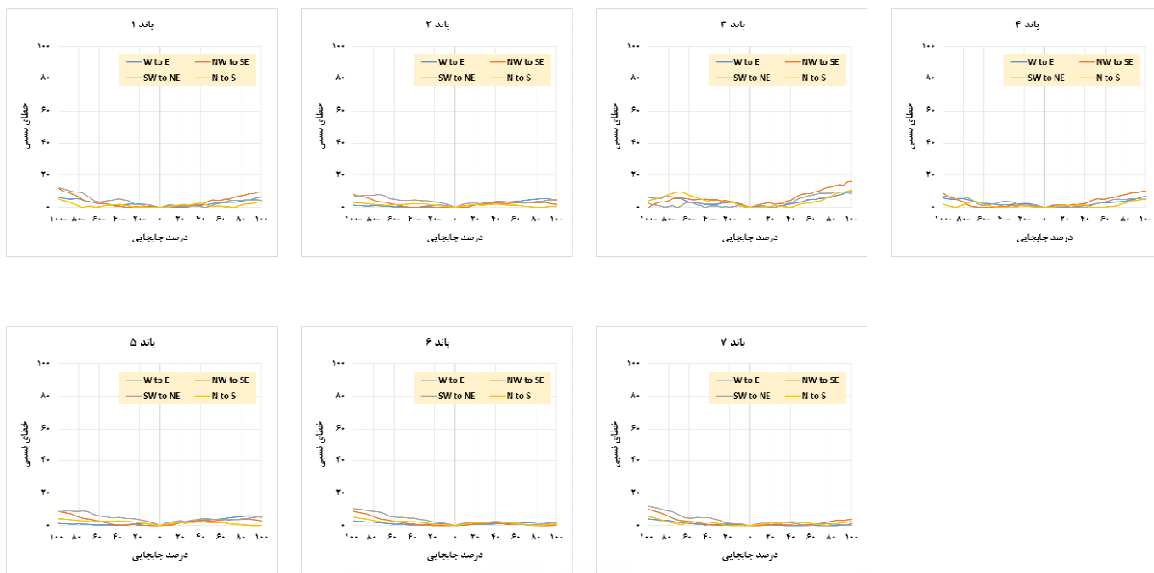
پیکسل تغییرات بازتابندگی زیادتر شده و میزان خطا افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت هرچقدر قدرت تفکیک مکانی تصویر افزایش یابد اثر



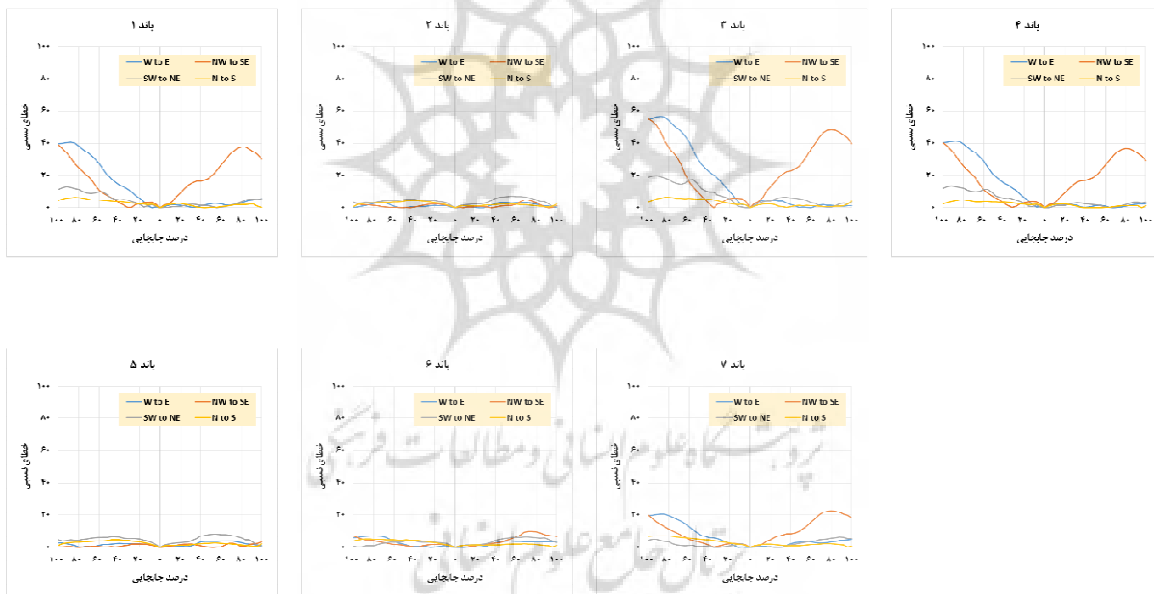
شکل ۱۲. تغییرات بازتابندگی برای یک پیکسل در محدوده با بافت تکراری در باندهای مختلف و در جهات مختلف



شکل ۱۳. تغییرات بازتابندگی برای یک پیکسل در محدوده‌ای در حاشیه یک منطقه با پوشش یکسان در باندهای مختلف و جهات مختلف



شکل ۱۴. تغییرات خطای نسبی برای یک پیکسل در محدوده با بافت تکراری در باندهای مختلف و جهات مختلف



شکل ۱۵. تغییرات خطای نسبی برای یک پیکسل در محدوده با بافت تکراری در باندهای مختلف و جهات مختلف

۳- نتیجه گیری و پیشنهادها

دلیل تکرار کلاس‌ها و ثابت ماندن تقریبی درصد حضور هر کلاس در پیکسل‌ها، در صورت وجود خطای زمین مرجع تغییر بازتابندگی نسبت به مقدار واقعی زیاد نبوده و قابل نادیده گرفتن است. برای

همانگونه که از نتایج ارائه شده در شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ مشخص است در پیکسل‌های ۵۰۰ متری سنجنده MODIS در نواحی با بافت تکراری به

دقت‌های بالاتر برای زمین مرجع کردن تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین در مناطق شهری امکان-پذیر خواهد بود.

منابع

علی دوست فاخره، مباشری محمدرضا، آبکار علی-اکبر، (۱۳۹۱)، روشی کارا برای افزایش توانمندی قدرت تفکیک طیفی و مکانی در تصاویر ماهواره‌ای در محیط شهری، سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شماره چهارم، صفحه ۲۱-۳۶.

Alidoost, F., Mobasheri, M.R., Abkar, A.A., (2013), Introducing a Method for Spectral Enrichment of the High Spatial Resolution Images, Photogrammetric Fernerkundung Geoinformation, P 31-41.

Pu, R., Gong, P. & Michishita, R., (2008), Spectral Mixture Analysis for Mapping Abundance of Urban Surface Components from the Terra/ASTER Data, Remote Sensing of Environment 112, PP. 939-954.

Zhukov, B., Oertel, D., Lanzl, F. & Reinhackel, G., (1999), Unmixing-Based Multisensor Multiresolution Image Fusion, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, 1212-1226.

Amoros Lopez, J., GomezChova, L., Alonso, L. & Guanter, L., (2011), Regularized Multiresolution Spatial Unmixing for ENVISAT/MERIS and Landsat/TM Image Fusion, IEEE

مثال میزان خطا برای مقادیر جابجایی کمتر از ۰/۵ پیکسل در حد ۱۰ درصد است. در واقع خطای نسبی بدست آمده در این پیکسل‌ها کم بوده و که خود تأیید کننده این موضوع است. اما در مناطقی که تغییرات کلاس‌ها زیاد بوده و بافت شهر یکباره تغییر می‌کند تغییرات بازتابندگی زیاد بوده و خطای نسبی بالاتری بوجود می‌آید. برای مثال برای مقادیر جابجایی در حدود ۰/۵ پیکسل میزان خطا در حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد خواهد بود.

با توجه به موارد ذکر شده هنگام استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی پایین در مناطق شهری، خطای بعدی که می‌تواند از اهمیت برخوردار باشد خطای جوی است. لذا توصیه محققین در این مورد این است که هنگام استفاده از این تصاویر در مناطق شهری با بافت تکراری، تلاش بیشتر بروی اصلاح جوی تصاویر نسبت به بالا بردن دقت زمین مرجع، مفیدتر است.

از آنجائی که اغلب هنگام زمین مرجع نمودن، نقاط کنترل در مناطق حاشیه‌ای و جاهایی که تغییر بافت صورت گرفته انتخاب می‌شوند، در صورتی که بتوان حداقل یک نقطه کنترل در مناطق با بافت تکراری انتخاب نمود دقت زمین مرجع بالاتر خواهد رفت.

همچنین به پیشنهاد محققین تولید یک مدل مشخص برای هر شهر یکی از الزاماتی است که در این زمینه باید صورت گیرد. با استفاده از این مدل دستیابی به

in Low Spatial Resolution Image Data,
IEEE TRANSACTIONS ON
GEOSCIENCE AND REMOTE
SENSING, P 2555-2562

GEOSCIENCE AND REMOTE
SENSING LETTERS, PP. 844-848
Haertel, V. & Edemir Shimabukuro, Y.,
(2005), Spectral Linear Mixing Model

