

بهبود آشکارسازی تغییرات شیء گرا در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا

بر مبنای روش جنگل تصادفی در فضای ویژگی‌های بهینه

سعید اجاقی^۱

صفا خزائی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۳/۰۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۰۵

چکیده

آشکارسازی تغییرات با رویکرد شیء گرا در تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا به این دلیل که علاوه بر ویژگی‌های طیفی از ویژگی‌های مکانی، هندسی و بافتی استفاده می‌کند در مقایسه با رویکرد پیکسل مبنا نتایج بسیار خوبی به همراه داشته است. با این وجود، انتخاب الگوریتم و ویژگی‌های بهینه همچنان به عنوان چالشی اساسی باقی مانده است. در این تحقیق، جهت بهبود آشکارسازی تغییرات با رویکرد شیء گرا از الگوریتم جنگل تصادفی (RF) در فضای ویژگی‌های بهینه استفاده شده است. در این راستا، نخست ویژگی‌های بافت بر روی تصاویر مربوط به دو زمان متفاوت استخراج می‌شود و از PCA جهت انتخاب ویژگی‌های بافتی مناسب استفاده می‌گردد. سپس، قطعه‌بندی چند مقیاسه در فضای ترکیب یافته از باندهای طیفی و ویژگی‌های بافتی مناسب در چهار سطح مختلف با استفاده از نرم افزار Ecognition انجام شده و بهترین سطح قطعه‌بندی تعیین می‌شود. در ادامه، ویژگی‌های بافتی، مکانی و هندسی از روی تصویر قطعه‌بندی شده در بهترین سطح استخراج می‌گردد و بر اساس محاسبه فاصله اقلیدسی مربوط به نمونه‌های آموزشی در کلاس‌های مختلف، ویژگی‌های بهینه شناسایی می‌شوند. کارایی الگوریتم RF شیء گرا در مقایسه با روش‌های متداول SVM و KNN بر اساس معیار کاپا و صحت کلی و مدت زمان محاسبات مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، از تصاویر ماهواره‌ای GeoEye-1 و Quick Bird-1 مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ جهت آشکارسازی تغییرات در جزیره قشم استفاده شده است. بر اساس نتایج تجربی، برای الگوریتم‌های RF شیء گرا، SVM و KNN صحت کلی به ترتیب ۸۶/۵۷، ۸۳/۷۶ و ۷۵ درصد و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۷۹، ۰/۷۵ و ۰/۶۳ به دست آمد. همچنین، RF به دلیل استفاده از آستانه‌گذاری بر روی باندهای مختلف و تولید طبقه‌بندی کننده‌های درختی با تنوع بالا و وزن دهی مناسب، نسبت به هر یک از نتایج طبقه‌بندی کننده‌ها توانست بالاترین دقت را تولید کند.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی تغییرات شیء گرا، جنگل تصادفی، ماشین‌های بردار پشتیبان، آنالیز مؤلفه‌های اصلی

۱- کارشناس ارشد فوتوگرامتری-دانشکده مهندسی نقشه‌برداری-دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (نویسنده مسئول) Saeed69.ojaghi@gmail.com

۲- استادیار دانشکده عمران، دانشگاه امام حسین(ع) Khazai.s@gmail.com

۱- مقدمه

شی‌های تصویری همگن در مقایسه با تک پیکسل‌ها، نسبت سیگنال به نویز بیشتری دارند و در نتیجه پردازش‌های تصویری حاصل از آن‌ها نتایج قابل اطمینان‌تری را در اختیار می‌گذارند (Definiens 2009).

نخستین مرحله اصلی در آنالیز شیء گرا و آشکارسازی تغییرات ایجاد اشیاء تصویری است. اشیاء تصویری با قطعه‌بندی تصاویر به دست می‌آیند و به عنوان پایه‌ای برای ادامه مراحل آشکارسازی تغییرات مورد استفاده قرار می‌گیرند. Zhou and Troy در سال ۲۰۰۸ روشی شیء مبنا جهت تحلیل و توصیف ساختار صحنه‌ی شهری در تصاویر هوایی و داده‌های لیدار ارائه نمودند (Zhou and Troy 2008). همچنین Meng و همکارانش (Meng et al. 2012) روشی جهت شناسایی ساختمان از داده لیدار و تصاویر هوایی به منظور آنالیز کاربری اراضی پیشنهاد دادند. Hussain و همکارانش با استفاده از طبقه‌بندی شیء گرا، هر یک از کلاس‌ها را به‌طور جداگانه و یک‌به‌یک با استفاده از تصاویر نیم-متری GeoEye-1 و داده‌های لیدار پوشش اراضی طبقه‌بندی نمودند (Hussain et al. 2011).

همچنین با مقایسه روش‌های پیکسل مبنا و شیء مبنا و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا به پایش تغییرات کاربری و پوششی پرداختند و نشان دادند که روش شیء گرا پتانسیل بیشتری برای استفاده در آنالیز تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا را دارد. Zhou نیز با استفاده از یک شبکه سلسله مراتبی سه سطحی به طبقه‌بندی شیء گرای تصویر در سطوح مختلف پرداخت (Zhou 2012).

یکی از اهداف اصلی از انجام این تحقیق بررسی عملکرد روش شیء پایه در صورت استفاده از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالا در مناطق پرتراکمی است که دارای تغییرات عمده و متنوع در طول زمان می‌باشند. همچنین، در این تحقیق سعی گردید علاوه بر به‌کارگیری رویکرد شیء گرا، جهت آشکارسازی تغییرات از الگوریتمی استفاده گردد که در تحقیقات گذشته کمتر استفاده شده و یا اصلاً به کار گرفته نشده است. به همین دلیل از الگوریتم

امروزه استفاده از سنجش از دور در اغلب کاربردهای پایش و آشکارسازی تغییرات پوششی و کاربری زمین، نسبت به روش‌های زمینی و یا تکنیک‌های دستی که عمدتاً زمانبر و هزینه‌بر هستند، بهینه و مقرون به صرفه‌تر می‌باشد (Sadeghi et al. 2013). با ظهور تصاویر باتوان تفکیک مکانی بالا همگام با پیشرفت آنالیزهای پردازش تصاویر، آشکارسازی تغییرات در مناطق پرتراکم که در آن عوارض هممنوع دارای ناهمگونی طیفی، بافت و شکل و همچنین عوارض مختلف با شباهت طیفی یکسان می‌باشند، از جمله مباحث و چالش‌های مهم در سنجش‌از‌دور تبدیل گردیده است (Hajahmadi et al. 2013).

روش‌های تشخیص تغییر را عمدتاً می‌توان در دسته‌های جبری، تبدیل، طبقه‌بندی، مدل‌های پیشرفته و سیستم‌های بینائی دانش‌پایه تقسیم‌بندی نمود. این روش‌ها خود به دو گروه کلی پیکسل مبنا و شیء مبنا تقسیم می‌شوند. در روش‌های پیکسل مبنا واحد اصلی آنالیز و پردازش تغییرات پیکسل است ولی در روش‌های شیء گرا، مجموعه‌ای از پیکسل‌ها، که اصطلاحاً به آن شیء گفته می‌شود، مبنای محاسبات در نظر گرفته می‌شود. روش‌های پیکسل مبنا صرفاً از اطلاعات طیفی جهت انجام آنالیزهای تصویری استفاده می‌کنند. در صورتی که در روش‌های شیء گرا، علاوه بر ویژگی‌های طیفی، ویژگی‌های بافت، ساختار، مقیاس و سایر خصوصیات عوارض مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا، حجم ویژگی‌های معرف یک کلاس در آنالیز طبقه‌بندی شیء گرا، بسیار وسیع‌تر از تعداد ویژگی‌های به‌کاررفته در آنالیز طبقه‌بندی پیکسل مبنا است. همچنین این روش‌ها توانائی بالائی در تلفیق منابع مختلف داده را دارا هستند (Batz and Schäpe 2000). معمولاً از پردازش تصویر در روش شیء گرا، استخراج عوارضی که از نظر ویژگی‌های طیفی و شکلی با واقعیت‌های موجود در طبیعت منطبق باشند، مورد انتظار است. روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنا، توانائی برآورده کردن این انتظار را ندارند (Wong et al. 2003). همچنین

تصویری (جهت مقایسه) و مشکلات جستجوی شیء‌ها در دو تصویر چند زمانه اشاره نمود. در روش شیء چند زمانه از آنجا که دو تصویر در زمان‌های مختلف با یکدیگر ادغام شده و سپس مرحله قطعه‌بندی انجام می‌پذیرد، لذا یک شیء در حالت ادغام دو تصویر بررسی می‌گردد و الگوریتم‌ها دارای توانایی بیشتری در جهت پیدا کردن و استخراج این شیء می‌باشند و شناسایی بین اشیاء تغییر کرده و تغییر نکرده با آنالیزهای آماری انجام می‌پذیرد. بر این اساس، در تحقیق حاضر از روش چند زمانه استفاده شده است.

۲-۲- طبقه‌بندی کننده جنگل تصادفی

طبقه‌بندی جز مهم‌ترین بخش‌های استخراج تغییرات است. اصولاً به منظور انجام طبقه‌بندی با بالاترین دقت و میزان بالای صحت آن، استفاده از روش‌های نظارت شده پیشنهاد می‌شود. روش جنگل تصادفی یک طبقه‌برنده نظارت شده است که در آن از مجموعه‌ای از درخت‌ها به منظور تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این روش ابتدا تعدادی درخت تصمیم‌گیری که نسبت به هم بیشترین تمایز را دارند، تشکیل و در مورد هر یک از این درخت‌ها روند مربوط به تصمیم‌گیری به صورت جداگانه انجام می‌شود (Breiman 2001). سپس با توجه به نتایج به دست آمده از این درخت‌ها کلاس برنده، کلاسی است که بیشترین رأی به آن تعلق بگیرد. جنگل تصادفی یکی از روش‌های یادگیری ماشین است که به دلیل سرعت بالای آن در مورد داده‌های با حجم بالا، عدم نیاز آن به داده‌های آموزشی زیاد و نیز عدم رخداد فرآیند Overfit بر روی داده‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مطابق نگاره ۱ در این روش ابتدا باید پارامترهای شبکه که شامل تعداد درخت‌ها، n و همچنین تعداد گره‌ها در هر درخت، m (که تعداد آن از بعد فضای ورودی کمتر است) مشخص شوند. سپس در هر درخت از میان داده‌های ورودی تعدادی از ورودی‌ها به تصادف انتخاب شوند. (به این داده‌ها اصطلاحاً Out of Bag گفته می‌شود؛ داده‌هایی که در تصمیم‌گیری شرکت نمی‌کنند

جنگل تصادفی جهت آشکارسازی تغییرات استفاده شده است. این الگوریتم که اغلب به منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در توان تفکیک‌های مکانی مختلف به کار گرفته می‌شود، نتایج قابل توجهی نیز نسبت به الگوریتم‌های متداول طبقه‌بندی به روش یادگیری ماشینی، مانند شبکه‌های عصبی و ماشین‌های بردار پشتیبان، داشته است (Bosch, 2007). نوآوری دیگری که در این تحقیق می‌توان به آن اشاره کرد، بهینه‌سازی ویژگی‌های به کار گرفته شده می‌باشد. در سنجش از دور اغلب در روش‌های شیء‌گرا به دلیل استفاده همزمان از ویژگی‌های بافتی، طبقی و مکانی مختلف، حجم بسیاری از ویژگی‌ها تولید می‌گردد که علاوه بر افزایش زمان محاسبات، می‌تواند به دلیل استفاده از ویژگی‌های نامناسب نتایج نامطلوبی به همراه داشته باشد. بنابراین در این تحقیق سعی گردیده است که علاوه بر به کارگیری روش جنگل تصادفی برای آشکارسازی تغییرات، از ویژگی‌های بهینه نیز جهت رسیدن به نتایج مطلوب استفاده گردد.

در ادامه، مبانی نظری تحقیق ارائه می‌شود. سپس در بخش بعدی روش پیشنهادی و در ادامه نتایج تجربی به دست آمده ارائه خواهند شد. در قسمت پایانی نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادها مطرح خواهند شد.

۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۱- الگوریتم‌های آشکارسازی تغییرات شیء گرا

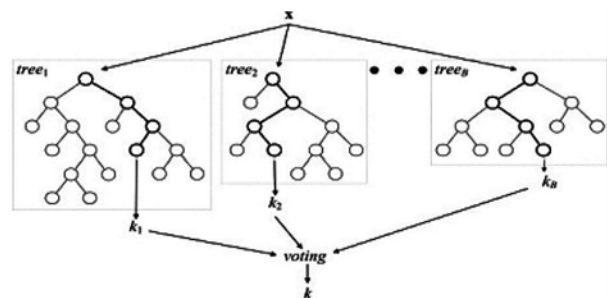
در چهار گروه می‌توان الگوریتم‌های آشکارسازی شیء گرا را دسته‌بندی نمود (Chen et al. 2012): (۱) شیء تصویر، (۲) شیء کلاس، (۳) شیء چند زمانه (۴) روش‌های ترکیبی. روش‌های شیء کلاس و شیء چند زمانه پرکاربردترین روش‌ها می‌باشند. در روش شیء کلاس، دو تصویر زمان‌های مختلف پس از قطعه‌بندی، به صورت جداگانه طبقه‌بندی شده و هر شیء دارای یک برچسب خاص متعلق به یک کلاس می‌گردد. این شیء‌ها با یکدیگر مقایسه گردیده و تغییرات رخ داده بدون نیاز به طیف شیء یا بافت شیء آشکار می‌گردد. از معایب روش فوق می‌توان به حساس بودن به ابعاد شیء‌های

انجام می‌شود. سپس، قطعه‌بندی چند مقیاسه در فضای ترکیب یافته از باندهای طیفی و ویژگی‌های بافتی مناسب در چهار سطح مختلف انجام شده و بهترین سطح قطعه‌بندی تعیین می‌شود. در مرحله‌ی بعد، ویژگی‌های بافتی، مکانی و هندسی از روی تصویر قطعه‌بندی شده در بهترین سطح استخراج می‌گردد و بر اساس محاسبه‌ی فاصله اقلیدسی مربوط به نمونه‌های آموزشی در کلاس‌های مختلف، ویژگی‌های بهینه جهت تهیه نقشه ماهیت تغییرات شناسایی می‌شوند. پس از این مرحله، با به‌کارگیری روش‌های جنگل تصادفی، SVM^۲ و KNN^۳ در حالت شیء-چند زمان نقشه ماهیت تغییرات به دست می‌آید. در نهایت خروجی‌های روش‌های ذکر شده با داده‌های تست مقایسه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۱- استخراج و انتخاب ویژگی‌های بهینه

جهت ورود به مرحله قطعه‌بندی لازم است در ابتدا ویژگی‌های بافت از تصاویر موردنظر استخراج شوند. در تصاویر با توان تفکیک مکانی بالا، که از مناطقی با ساختار و طیف رادیومتریکی پیچیده اخذ شده‌اند، استفاده از ویژگی‌های طیفی به تنهایی دارای بازدهی کمی است و از این رو لازم است تا تمامی ویژگی‌های یک شیء تصویری مانند ویژگی‌های طیفی، مکانی، ساختاری و بافت (مشخصه‌های STS^۴) مورد استفاده قرار گیرند (Nikfal 2012). در این تحقیق به دلیل پیچیدگی‌های ساختاری و طیفی منطقه موردنظر، و توان تفکیک بالای داده مورد استفاده، استفاده از ویژگی‌های بهینه در هر دو مراحل قطعه‌بندی و طبقه‌بندی مورد نظر قرار گرفته شد. در جدول ۱ فهرست ویژگی‌های قابل استخراج ارائه شده است. از ویژگی‌های طیفی مهم مورد استفاده در آنالیز طبقه‌بندی شیء‌گرا می‌توان به ممان اول و دوم آماری (میانگین^۵ و انحراف معیار^۶) نسبت

و صرفاً جهت کارهایی از قبیل کنترل نتایج به‌دست‌آمده و به دست آوردن میزان خطا در تصمیم‌گیری به کار گرفته می‌شوند). پس از عملیات تصمیم‌گیری در هر یک از درخت‌ها نتایج به دست آمده در هر یک از درخت‌ها باهم تلفیق می‌شوند (در مورد طبقه‌بندی رأی‌گیری و در مورد رگرسیون میانگین‌گیری می‌شود). در نهایت از نتایج به دست آمده می‌توان جهت استفاده‌های بعدی از قبیل برآورد میزان اهمیت متغیر و یا سایر کاربردها استفاده نمود. دقت این روش وابسته به توان درختان به‌صورت مجزا و نیز میزان همبستگی بین درختان است. به بیان دیگر هر چه این درختان قابلیت تصمیم‌گیری بهتری داشته و میزان همبستگی میان درخت‌ها کمتر باشد، دقت نهایی بهتر می‌شود (Breiman 2001).



نگاره ۱: نمودار درخت‌های روش جنگل‌های تصادفی

۳-۲ روش پیشنهادی

در این تحقیق، جهت بهبود آشکارسازی تغییرات با رویکرد شیء‌گرا از الگوریتم جنگل تصادفی (RF) در فضای ویژگی‌های بهینه استفاده شده است. در این راستا، پس از آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای و اعمال پیش‌پردازش‌های موردنظر نخست ویژگی‌های بافت بر روی تصاویر مربوط به دو زمان متفاوت استخراج می‌گردد. سپس به دلیل زیاد بودن تعداد باندهای ورودی از روش PCA^۱ جهت کاهش بعد و انتخاب ویژگی‌های مناسب استفاده می‌شود. در ادامه، ویژگی‌های استخراجی از PCA به همراه تصویر تلفیقی وارد مرحله قطعه‌بندی شده و این عملیات در چهار سطح مختلف و با استفاده از روش چند مقیاسه جهت تولید شیء‌های تصویری (به منظور آشکارسازی تغییرات در مرحله بعد)

2- Support Vector Machine

3- K Nearest Neighbourhood

4- Spectral-Textural-Structural

5- Mean

6- Standard Deviation

1- Principle Component Analyse

جدول ۱: فهرست ویژگی‌های قابل استخراج

نام ویژگی	توضیحات
Mean	متوسط مقادیر طیفی یک باند که از مقادیر طیفی پیکسل‌های داخل هر شیء تصویر محاسبه می‌شود.
Brightness	متوسط مقادیر طیفی تمام باندها که از مقادیر طیفی پیکسل‌های داخل هر شیء تصویری محاسبه می‌شود.
(Area (Pixel	مساحت هر شیء تصویری که با ضرب تعداد پیکسل‌های هر شیء در مساحت پیکسل به دست می‌آید.
Ellipsoidal fit	درجه برازش شیء تصویری به بیضی
Length/Width	نسبت طول به عرض شیء تصویری
Asymmetry	عدم تقارن هر شیء را نسبت به خودش نشان می‌دهد.
Density	مساحت پوشش داده‌شده به وسیله شیء تصویری تقسیم‌بر شعاع شیء را نشان می‌دهد.
Rectangle fit	درجه برازش شیء تصویری به مستطیل
Radius of Largest Enclosed Ellipse	بیضی هم مساحت با شیء تصویری که تا جایی که در داخل شیء محاط شود کوچک می‌گردد. نسبت شعاع بیضی محاط به شعاع بیضی اولیه این ویژگی را توصیف می‌کند.
GLCM Homogeneity	همگون بودن اشیا تصویری را نشان می‌دهد.
GLCM Dissimilarity	مشابه Contrast است ولی به‌طور خطی افزایش می‌یابد.
GLCM Entropy	اگر درایه‌های ماتریس GLCM به‌طور برابر توزیع شده باشند مقدار آن‌روپی زیاد می‌شود.
GLCM StdDev	انحراف معیاری که با کمک GLCM به دست می‌آید. این معیار، پراکنندگی مقادیر را در اطراف میانگین اندازه می‌گیرد.
GLCM Correlation	وابستگی درجات خاکستری پیکسل‌های همسایه را اندازه می‌گیرد.

۴- نتایج تجربی

۴-۱ منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

جزیره قشم با مساحت تقریباً ۱۵۰۰ کیلومتر مربع در دورترین قسمت خلیج فارس بین عرض‌های جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۲ ثانیه و ۲۷ درجه شمالی و همچنین بین طول‌های جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۵ دقیقه و ۵۶ درجه و

میانگین طیفی لایه‌ها^۱، میانگین طیفی نسبت به همسایگی‌ها^۲ اشاره کرد (Definiens 2009). ویژگی‌های بافت به بررسی و اندازه‌گیری تغییرات شدت روشنایی سطوح می‌پردازد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش‌های مبتنی بر به‌کارگیری ماتریس هم رخداد^۳ اشاره کرد (Definiens 2009).

۳-۲- قطعه‌بندی تصاویر

در واقع هدف از قطعه‌بندی، تقسیم یک تصویر به بخش‌های مختلفی است که به‌طور ایده‌آل مطابق با عوارض روی زمین است (Gorte 1998). بر این اساس، قطعه‌بندی عمدتاً توزیع مکانی مقادیر پیکسل‌ها را برای تشخیص عوارض در نظر می‌گیرد. در طبقه‌بندی به روش‌های شیء پایه ابتدا لازم است که تصویر قطعه‌بندی گردد. از پرکاربردترین و بهترین روش‌های قطعه‌بندی می‌توان به روش چند مقیاسه اشاره کرد. این روش پیکسل‌ها یا اشیا تصویری موجود را باهم ادغام می‌کند و در واقع یک الگوریتم قطعه‌بندی پائین به بالا بر پایه تکنیک ادغام نواحی دوبه‌دو^۴ است (Definiens 2009). روند قطعه‌بندی بر اساس رویکرد بهترین برازش دوجانبه، با یک شیء تصویری (که یک پیکسل است) آغاز می‌شود و در طول چندین حلقه و تکرار جفت‌ها تا جایی که به حد آستانه همگنی محلی برسند باهم ادغام می‌شوند. روش چند مقیاسه علاوه بر پارامتر مقیاس داری شاخص همگنی (جهت اندازه‌گیری میزان همگنی یا ناهمگنی یک شیء) می‌باشد. این شاخص به‌صورت ترکیبی از ویژگی‌های شکل و رنگ شیء تصویری اولیه و به‌دست‌آمده از ادغام محاسبه می‌شود. همگنی رنگی بر پایه انحراف معیار رنگ‌های طیفی و همگنی شکلی نیز پایه انحراف شکل فشرده یا نرم می‌باشد. پس از قطعه‌بندی تصویر و استخراج اشیا در سطوح مختلف، ویژگی‌های متنوع که مربوط به ویژگی‌های هندسی، طیفی، بافتی و مفهومی مربوط به اشیا می‌باشند، می‌توانند تولید گردند.

- 1- Ratio
- 2- To Neighbors
- 3- Co-occurrence Matrix
- 4- Pair-Wise

۴-۲- پیش پردازش داده‌ها

اغلب پیش‌پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای با هدف آشکارسازی تغییرات، شامل نمونه‌برداری، تصحیحات رادیومتریکی و تصحیحات هندسی می‌باشد. در این تحقیق جهت حذف اعوجاجات هندسی و زمین مرجع نمودن تصاویر مورد استفاده تصاویری به کار رفته‌اند که قبلاً زمین مرجع شده بودند؛ بدین صورت که با استفاده از تصاویر زمین مرجع شده نقاط کنترل مناسب مانند تقاطع راه‌ها یا گوشه‌های ساختمان انتخاب گردیده و با استفاده از مدل ریاضی RSE تصاویر مورد استفاده با دقتی بهتر از نیم پیکسل زمین مرجع گردیدند. سپس جهت هم‌ابعاد سازی، از ابزار image to image coregistration نرم‌افزار ENVI استفاده گردید. در مرحله آخر، جهت مشابه‌سازی ویژگی‌های رادیومتریکی تصاویر و کاهش اختلاف بین مقادیر درجات خاکستری دو تصویر از روش نرم‌الازاسیون نسبی، الگوریتم تعدیل هیستوگرام در نرم‌افزار ENVI، استفاده شد (Canty 2014).

۴-۳- استخراج ویژگی‌ها

در این تحقیق ۸ ویژگی بافت شامل توصیف‌گرهای مرتبه دوم، کنتراست، آنروپی، میانگین، واریانس، همگنی استخراج گردید که نمونه‌ای از آن برای تک باند در نگاره ۳ آورده شده است. ویژگی‌های بافت برای هر یک از باندها و برای هر یک از تصاویر به‌طور جداگانه در اندازه پنجره ۷×۷ استخراج گردیدند. در نهایت تعداد ۱۴ ویژگی از ویژگی‌های استخراج شده از PCA به همراه ۶ باند اصلی تصویر وارد مرحله قطعه‌بندی تصویر گردید. لازم به ذکر است که ویژگی‌های استخراج شده در روش فوق از نقطه‌نظر آماری استقلال دارند.

۴-۴- قطعه‌بندی

در این تحقیق از روش قطعه‌بندی چند مقیاسه جهت استخراج نقشه ماهیت تغییرات استفاده شد. برای دستیابی به تعادل بین شاخص‌های قطعه‌بندی، باید ویژگی‌های طیفی و ساختاری عوارض مورد توجه قرار گیرد زیرا که تعیین

۱۶ دقیقه شرقی قرار گرفته است (نگاره ۲). در چند سال اخیر این جزیره با ساخت‌وسازهای زیاد در مناطق مختلف سبب ایجاد کاربری‌های اراضی گوناگون و تغییرات گسترده در شکل زمین به انحاء گوناگون مانند تغییر مناطق خاکی به انواع کاربری‌ها شامل ساختمان و جاده و فضای سبز و با اهداف مختلف مواجه بوده است. به همین دلیل جزیره قشم به مورد مطالعاتی مناسبی برای ارزیابی و سنجش کارایی روش‌های نوین آشکارسازی تغییرات تبدیل گردیده است. در این تحقیق آشکارسازی و پیش‌تغییرات در منطقه‌ای از جزیره قشم (نگاره ۲) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی بالای ماهواره‌های GeoEye و Quickbird مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گرفته است. به دلیل عدم دسترسی به باند مادون قرمز نزدیک در تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده، از سه باند مرئی تصاویر استفاده شده است.



الف



ج

ب

نگاره ۲: منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده. (الف) موقعیت منطقه مورد نظر. (ب) تصویر ماهواره‌ای GeoEye سال ۲۰۰۲. (ج) تصویر ماهواره‌ای Quickbird سال ۲۰۱۵

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۲۳)
بهبود آشکارسازی تغییرات شیء‌گرا در تصاویر ... / ۱۲۳

می‌گردد. جدول ۲ مقادیر مختلف پارامترهای قطعه‌بندی چند مقیاسه و نگاره ۴ سطوح قطعه‌بندی را نشان می‌دهد. با توجه به چهار سطح قطعه‌بندی شده، سطح اول به دلیل انتخاب مقدار بالا برای پارامتر مقیاس، دارای شیء‌های بزرگ‌تر از عوارض موردنظر در تصویر و سطح چهارم نیز به دلیل داشتن پارامتر مقیاس کوچک، دارای شیء‌های کوچک‌تر نسبت به عوارض است. سطح سوم قطعه‌بندی به دلیل متناسب بودن ابعاد شیء‌های تصویری ایجادشده با عوارض موجود در تصویر به‌عنوان سطح انتخاب‌شده برای آشکارسازی تغییرات انتخاب گردید (Definiens 2009).

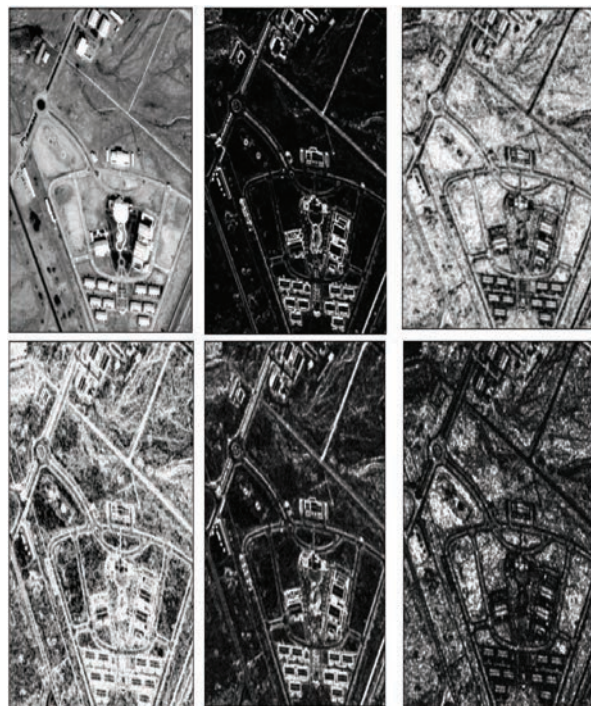
جدول ۲: مقادیر پارامترها برای قطعه‌بندی در چهار سطح مختلف

فشرده‌گی	نرمی	ناهمگنی ساختاری	ناهمگنی طیفی	مقیاس	سطح
۰/۵	۰/۵	۰/۸	۰/۲	۱۲۰	الف
۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۱۰۰	ب
۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۶	۱۰۰	ج
۰/۳	۰/۷	۰/۷	۰/۳	۴۰	د

۴-۵- استخراج ویژگی‌های بهینه

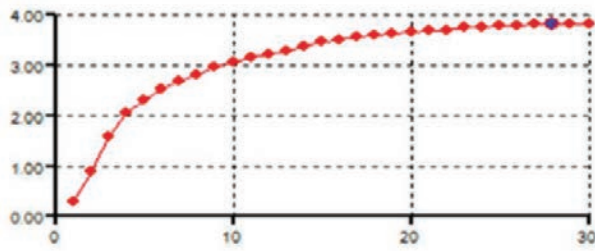
انتخاب ویژگی‌های مناسب جهت آشکارسازی تغییرات از اهمیت به‌سزایی برخوردار است؛ زیرا استفاده از تمام ویژگی‌های طیفی، بافتی، هندسی و غیره به دلیل وابستگی آماری این ویژگی‌ها، صحت طبقه‌بندی را کاهش می‌دهد. از طرفی، انتخاب تجربی این ویژگی‌ها به روش آزمون و خطا بستگی به تجربه کاربر دارد و لزوماً بهترین انتخاب نمی‌باشد. یکی از مراحل مهم در استخراج ویژگی‌ها، تشکیل فضای ویژگی بهینه قبل از مرحله آشکارسازی تغییرات است. برای تشکیل فضای ویژگی بهینه ابتدا باید تمام ویژگی‌های کاندید استخراج‌شده و گروهی ویژگی بهینه از بین آن‌ها انتخاب گردد. بر همین مبنا در ابتدا ۶۰ ویژگی (جدول ۳) شامل ویژگی‌های مختلف طبقی، مکانی، هندسی و بافت انتخاب گردید. سپس جهت بهینه‌سازی این ویژگی‌ها و ورود به مرحله بعدی از ابزار

شاخص‌های لازم جهت قطعه‌بندی تصویر با روش چند مقیاسه، اغلب بر مبنای آزمون و خطا است.



نگاره ۳: نمونه ویژگی‌های بافت استخراج شده (میانگین، واریانس، هموزنتی، آنترپی، عدم شباهت، و مومتوم دوم)

در این تحقیق متناسب با داده مورد بررسی از نقطه‌نظر قدرت تفکیک مکانی و طیفی پیچیدگی منطقه و کاربرد مدنظر، مطابق جدول ۲ روش آزمون خطا در چهار سطح مختلف به‌منظور ارزیابی نتایج و انتخاب سطح قطعه‌بندی انجام گرفت. به‌طور مثال برای استخراج کلاس ساختمان به دلیل شباهت‌های طیفی جاده‌ها و ساختمان‌ها وزن پارامتر ناهمگنی طیفی از وزن پارامتر ناهمگنی ساختاری بیشتر در نظر گرفته شد. پارامتر عدد مقیاس برای کنترل میزان همگنی تصویر است که با افزایش مقدار آن، تعداد شیء‌های یک تصویر کاهش یافته و به‌تبع آن شاهد افزایش مساحت شیء‌های تصویری و برعکس عدد مقیاس کوچک سبب کاهش مساحت شیء‌های تصویر و افزایش تعداد آن‌ها



نگاره ۵: ابعاد ویژگی‌ها (محور افقی) در مقایسه با مقادیر جدایی کلاسی (محور عمودی)

جدول ۳: ویژگی‌های انتخاب شده اولیه

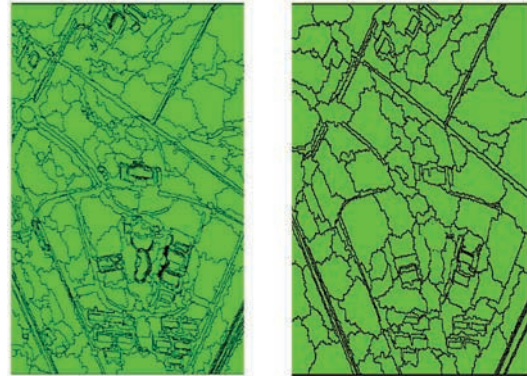
شماره ویژگی	نام ویژگی	شماره ویژگی	نام ویژگی
۱-۶	میانگین ۶ باند تصویر اول و دوم	۲۷-۲۹	تقارن-شاخص مرز-فشرده‌گی
۷-۱۳	میانگین ۷ ویژگی استخراج شده از PCA	۳۰-۳۵	چگالی-فیت بیضوی-فیت مستطیلی-مساحت-طول
۱۴-۱۹	انحراف معیار ۶ باند تصویر اول و دوم	۳۶-۳۹	گردی-شاخص شکل-طول مرز
۲۰-۲۶	انحراف معیار ۷ ویژگی استخراج شده از PCA	۴۰-۶۰	بافت همگن-آنتروپی-کنتراست-عدم شباهت-ممان مرتبه دوم در چهار جهت

در جدول ۴ ویژگی‌های بهینه استخراج شده توسط FSO ارائه شده‌اند. این ویژگی‌ها جهت آشکارسازی تغییرات شیء-زمانه تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول ۴: ویژگی‌های بهینه شده با FSO جهت آشکارسازی تغییرات

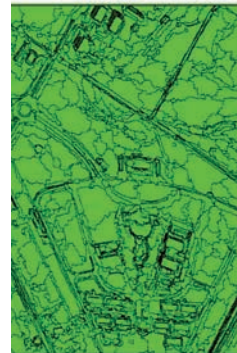
شماره	نام ویژگی	شماره	نام ویژگی
۱-۷	میانگین و روشنایی تصویر اول و دوم	۱۶	انحراف معیار ۱ ویژگی استخراج شده از PCA
۸-۱۳	میانگین ۵ ویژگی استخراج شده از PCA	۲۲-۱۷	چگالی-فیت بیضوی-فیت مستطیلی-طول-شاخص شکل-شعاع بزرگ‌ترین بیضی محاط
۱۴-۱۵	انحراف معیار ۲ باند تصویر اول و یک باند تصویر دوم	۲۸-۲۲	بافت همگن در یک جهت-عدم شباهت در سه جهت-کنتراست در دو جهت

FSO^۱ در نرم‌افزار Ecognition بر اساس نمونه‌های آموزشی استفاده شد. FSO فاصله اقلیدسی بین نام داده‌های آموزشی را در فضای ویژگی ارزیابی می‌کند و یک ترکیبی از ویژگی‌های بهینه را طوری انتخاب می‌کند که بهترین فاصله جدایی بین کلاس‌ها ایجاد گردد (Modi et al. 2014).



ب

الف



د

ج

نگاره ۴: نتایج قطعه‌بندی در چهار سطح مختلف

به دلیل استفاده از روش نظارت شده جهت بهینه‌سازی فضای ویژگی برای آشکارسازی تغییرات، داده‌های آموزشی به صورت تغییرات «از - به» توسط شخص خبره در چهار کلاس «بایر به ساختمان»، «بایر به راه»، «بایر به پوشش گیاهی» و «بایر به بایر مورد نظر استخراج شد. با بهینه‌سازی ۶۰ ویژگی انتخاب شده اولیه بر اساس کمترین فاصله جدایی کلاسی (۳/۸۵) مطابق نگاره ۵، تعداد ۲۸ مورد ویژگی بهینه تعیین گردید.

۴-۶-۱- ارزیابی روش‌های آشکارسازی تغییرات

در جدول ۶، نتایج ارزیابی طبقه‌بندی‌های مختلف برحسب دقت کلی و ضریب کاپا برای هر یک از روش‌ها و حالت‌های مختلف آشکارسازی تغییرات شیء-مبنا آورده شده است. مطابق این جدول، بالاترین و پایین‌ترین صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب برای RF و KNN به دست آمد که به ترتیب دارای ۸۶/۵۷ و ۷۵ درصد صحت کلی و ۰/۷۹ و ۰/۶۳ ضریب کاپا می‌باشند. همچنین، RF به دلیل استفاده از آستانه‌گذاری بر روی باندهای مختلف و تولید طبقه‌بندی کننده‌های درختی با تنوع بالا و وزن دهی مناسب، نسبت به هر یک از نتایج طبقه‌بندی کننده‌ها بالاترین دقت را تولید نموده است. از آنجا که معیارهای ارزیابی دقت کلی و ضریب کاپا اطلاعاتی درباره دقت طبقه‌بندی هر یک از کلاس‌ها به‌طور تفکیک‌شده در اختیار ما قرار نمی‌دهد، برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی هر کلاس از معیارهای دقت تولیدکننده و دقت کاربر نیز استفاده شد. در جدول ۷ نتایج مربوط به این پارامترها آورده شده است.

جدول ۷: صحت‌های کاربری و تولیدکننده روش‌های مختلف

KNN		SVM		RF_100		کلاس
PA (%)	UA (%)	PA (%)	UA (%)	PA (%)	UA (%)	
۹۵/۲۳	۹۰/۹	۱۰۰	۷۷/۲۷	۹۵/۲۳	۹۰/۱	بایر به ساختمان
۶۲/۹۶	۷۰/۸۳	۶۰/۶	۸۳/۳۳	۷۲/۴	۸۷/۵	بایر به راه
۴۶/۵	۷۶/۹	۷۵	۷۷/۷۷	۸۶/۳	۷۶	بایر به پوشش گیاهی
۹۳/۴۴	۷۱/۲	۹۰/۹	۸۵	۸۹/۶	۸۸/۴۶	بایر تغییر نیافته

همچنین جهت ارزیابی بصری، نقشه ماهیت تغییرات روش‌های ذکر شده در نگاره ۶ ارائه شده است. از مقایسه بصری و کمی نقشه ماهیت هر سه روش پیداست که مساحت زیادی از منطقه مورد نظر دچار تغییرات عمده در هر چهار کلاس شده است. روش جنگل تصادفی با صحت

۴-۶-۲- مقایسه‌ی آشکارسازی تغییرات با روش شیء مبنا چند زمانه

پس از قطعه‌بندی و انتخاب ویژگی‌های بهینه از سه الگوریتم جنگل تصادفی، ماشین‌های بردار پشتیبان و نزدیک‌ترین همسایگی جهت آشکارسازی و به دست آوردن نقشه ماهیت تغییرات استفاده گردید.

هر یک از الگوریتم‌های RF، SVM-RBF و KNN برای شروع نیازمند تعیین چند پارامتر توسط کاربر می‌باشند. پارامترهای موردنیاز و مقادیر استفاده شده برای روش‌های طبقه‌بندی در جدول ۵ آورده شده است.

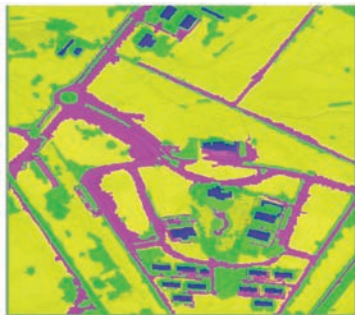
همان‌طور که ذکر گردید تغییرات در ۴ کلاس «بایر به ساختمان»، «بایر به راه»، «بایر به پوشش گیاهی» و «بایر تغییر نیافته» مورد ارزیابی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که سایه‌های ایجاد شده در تصویر که به دلیل زاویه قرارگیری سنجنده نسبت به خورشید شکل گرفته‌اند، به‌عنوان یک کلاس مستقل در نظر گرفته نشده است.

جدول ۵: پارامترهای موردنیاز برای شروع الگوریتم‌های طبقه‌بندی

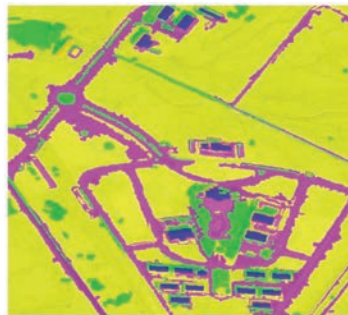
KNN	SVM-RBF	Random Forests	الگوریتم طبقه‌بندی
تعداد نزدیک‌ترین همسایگی = ۷	پارامتر هزینه C = ۱۰۰	تعداد درخت = ۱۰۰	پارامتر اول
	گاما در تابع کرنل Y=0.025	تعداد ویژگی‌های هر درخت = جذر تعداد کل ویژگی‌ها	پارامتر دوم

جدول ۶: صحت کلی و ضریب کاپا در روش‌های آشکارسازی تغییرات

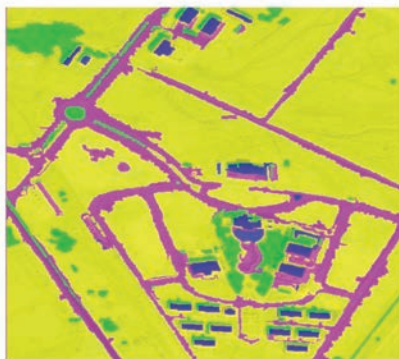
روش طبقه‌بندی	ضریب کاپا	دقت کلی (%)
SVM	۰/۷۵	۸۳/۷۶
RF	۰/۷۹	۸۶/۵۷
KNN	۰/۶۳	۷۵



ب



الف



ج

نگاره ۶: نقشه ماهیت تغییرات. الف) SVM، ب) KNN، ج) RF

کاربری مناطق بایر تغییر نیافته روش RF نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد. همانگونه که از نقشه ماهیت تغییرات مشخص است روش KNN در شناسایی این تغییر بسیار ضعیف عمل کرده و کارایی روش SVM از لحاظ صحت کلاسی به روش RF نزدیک است. در مجموع، روش RF عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد و نتایج به دست آمده حاکی از توانمندی بالای روش RF می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق بهبود آشکارسازی تغییرات با رویکرد شیء‌گرا در فضای ویژگی‌های بهینه مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، در منطقه‌ای از جزیره قشم دو تصویر ماهواره‌ای با توان تفکیک مکانی بالا GeoEye-1 و QuickBird-1 مربوط به سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ با یکدیگر تلفیق شده و ویژگی‌های بافت آن‌ها استخراج گردید. سپس جهت کاهش ابعاد فضای ویژگی‌های بافتی از روش PCA استفاده شد و ویژگی‌های به دست آمده در مرحله قطعه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد، قطعه‌بندی چند مقیاسه در فضای

کلی بالا توانسته است تغییرات رخ داده را آشکارسازی نماید و دارای خطای کمتری نسبت به روش‌های دیگر است. البته SVM نیز دارای صحت کلی نزدیک به RF است؛ ولی در شناسایی بعضی تغییرات دارای اشتباه می‌باشد. هر سه روش در مدت‌زمان کمتری فرآیند شناسایی را انجام می‌دهند ولی روش RF دارای زمان کمتری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. دو روش RF و KNN تغییرات کاربری بایر به ساختمان‌ها با صحت کاربری و تولیدی بالا شناسایی کرده‌اند؛ در حالی که روش SVM دارای صحت کلاسی کمتر از دو روش دیگر است. بالاترین مقدار صحت کلی جهت شناسایی کلاس کاربری بایر به راه مربوط به روش RF است که با صحت کلاسی ۸۷/۵ درصد توانسته است این شناسایی را در مقایسه با صحت‌های کلاسی ۸۳/۳۳ و ۷۰/۸۳ برای دو روش SVM و KNN انجام دهد. با استفاده از روش SVM کلاس‌های کاربری «بایر به راه» را با «بایر به پوشش گیاهی» اشتباه شناسایی کرده است. همچنین روش SVM توانسته است با صحت کلاسی بالاتر نسبت به سایر روش‌ها تغییر کلاسی بایر به پوشش گیاهی را شناسایی نماید. از سوی دیگر، برای کلاس

- 4- Chen G, Hay GJ, Carvalho LM, and Wulder MA. 2012. Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing* 33(14):4434-4457.
- 5- Definiens A. 2009. Definiens eCognition developer 8 user guide. Definiens AG, Munchen, Germany.
- 6- Gorte B. 1998. Probabilistic segmentation of remotely sensed images: *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC)*.
- 7- Hajahmadi S, Mokhtarzadeh M, Mohammadzadeh A, and javad Valadanouzj M. 2013. Uncertain Training Data Edition for Automatic Object-Based Change Map Extraction. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 1(3):185-189.
- 8- Hussain E, Ural S, Kim K, Fu C-S, and Shan J. 2011. Building extraction and rubble mapping for city port-au-prince post-2010 earthquake with GeoEye-1 imagery and lidar data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 77(10):1011-1023.
- 9- Meng X, Currit N, Wang L, and Yang X. 2012. Detect residential buildings from Lidar and aerial photographs through object-oriented land-use classification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 78(1):35-44.
- 10- Modi M, Kumar R, Shankar GR, and Martha TR. 2014. Land Cover Change Detection Using Object-Based Classification Technique: A Case Study Along The Kosi River, Bihar. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 40(8):839.
- 11- Nikfal M. 2012. Change Detection of building using high resolution satellite images based on map and object oriented analysis Tehran: Tehran.
- 12- Sadeghi V, Ebadi H, and Ahmadi FF. 2013. A new model for automatic normalization of multitemporal satellite images using Artificial Neural Network and mathematical methods. *Applied Mathematical Modelling* 37(9):6437-6445.
- 13- Wong T, Mansor S, Mispan M, Ahmad N, and Sulaiman W. 2003. Feature extraction based on object oriented analysis. *Proceedings of ATC 2003 Conference*.
- 14- Zhou W, and Troy A. 2008. An object oriented approach for analysing and characterizing urban landscape at the parcel level. *International Journal of Remote Sensing* 29(11):3119-3135.
- 15- Zhou Z-H. 2012. Ensemble methods: foundations and algorithms: CRC Press.

ترکیب یافته از باندهای طیفی و ویژگی‌های بافتی مناسب در چهار سطح مختلف با استفاده از نرم‌افزار Ecognition انجام شده و بهترین سطح قطعه‌بندی تعیین گردید. سپس جهت آشکارسازی تغییرات و تهیه نقشه ماهیت تغییرات، ویژگی‌های بهینه‌ی مکانی، هندسی و بافتی بر اساس محاسبه‌ی فاصله اقلیدسی مربوط به نمونه‌های آموزشی در کلاس‌های مختلف انتخاب گردیدند. به طوری که در این تحقیق دیده شد ۲۸ ویژگی انتخاب شده به خوبی توانسته جایگزین محتوای اطلاعات ۶۸ ویژگی در آشکارسازی تغییرات باشد. نتایج ارزیابی نقشه‌های ماهیت به دست آمده نشان می‌دهد که روش جنگل تصادفی شیء‌گرا با صحت کلی ۸۶/۵۷ و ضریب کاپای ۰/۷۹ نسبت به روش‌های SVM و KNN به ترتیب به میزان ۳٪ و ۱۸٪ و ۲٪ و ۱۰٪ آشکارسازی تغییرات را بهبود داده است. در مجموع، نتایج بدست آمده حاکی از عملکرد مناسب روش‌های شیء‌گرا به خصوص روش جنگل تصادفی RF جهت آشکارسازی تغییرات (در مناطق پیچیده و پرتراکم مانند مناطق شهری و تصاویر با قدرت تفکیک مکانی) است؛ به شرطی که در انتخاب پارامترهای مورد نیاز قطعه‌بندی و انتخاب ویژگی‌های مورد استفاده در مراحل قطعه‌بندی و طبقه‌بندی تصویر دقت کافی صورت پذیرد.

در پایان پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی از روش‌های دیگر آشکارسازی تغییرات شیء‌گرا مانند شیء-کلاس استفاده گردد. همچنین جهت خودکارسازی فرآیند آشکارسازی تغییرات پیشنهاد می‌شود از روش‌های بهینه‌سازی به منظور به دست آوردن پارامترهای مورد نیاز برای قطعه‌بندی و طبقه‌بندی استفاده گردد.

منابع و مأخذ

- 1- Baatz M, and Schäpe A. 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi scale image segmentation. *Herbert Wichmann Verlag: Berlin, Germany*. p 12-23.
- 2- Breiman L. 2001. Random forests. *Machine learning* 45(1):5-32.
- 3- Canty MJ. 2014. Image analysis, classification and change detection in remote sensing: with algorithms for ENVI/IDL and Python: CRC Press.

