نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال ششم، شماره نخست، بهار ۱۳۹۷

Vol.6, No.1, Spring 2018

۱۰۱-۱۱۶

بهبود آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش هسته مبنای نگارنده زاویه طیفی در تصاویر فراطیفی

مهدی حسنلو[*1]، سید تیمور سیدی[2]، عبدالرضا سیدی[3]

۱- استادیار گروه سنجش‌ازدور، دانشکده نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۲- کارشناسی ارشد سنجش ازدور، دانشکده نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

۳- کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر، دانشگاه پیام نور گرگان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۰۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۲۱

چکیده

تغییرات کاربری به‌عنوان عاملی پایه در تغییرات محیط‌زیست عمل کرده و به یک بحران تبدیل‌شده است. شناسایی و ارزیابی تغییرات الگوهای کاربری اراضی یک امر ضروری است، که اگر به‌هنگام و با دقت بالا انجام گیرد، می‌تواند به برنامه‌ریزان و مدیران سازمان‌های مربوطه در اخذ تصمیمات آگاهانه‌تر در جهت استفاده بهینه از منابع و جلوگیری از وقوع بحران کمک نماید. این امر با آشکارسازی تغییرات میسر می‌گردد. تصاویر فراطیفی، به علت دارا بودن توان تفکیک طیفی بالا، نتایج بهبود یافته‌ای از آشکارسازی تغییرات و همچنین جزئیات بیشتری از فرآیند آشکارسازی تغییرات را فراهم می‌نمایند. یکی از چالش‌های رایج روش‌های متداول آشکارسازی تغییرات، تاثیرپذیری از شرایط محیطی و دستگاهی است. این امر موجب تشخیص نادرست یکسری از پیکسل‌ها در فرایند آشکارسازی تغییرات می‌گردد. بدین منظور، در این پژوهش یک روش آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم نگارنده زاویه طیفی، فنون هسته مبنا و الگوریتم بیشینه‌سازی امید در تصاویر فراطیفی پیشنهاد شده است. در ابتدا یکسری داده آموزشی به‌منظور بهینه نمودن پارامترهای هسته در طی یک فرآیند خودکار توسط الگوریتم نگارنده زاویه طیفی و الگوریتم بیشینه‌سازی امید ریاضی استخراج می‌گردد. در ادامه، داده از فضای تصویر به فضای هیلبرت توسط الگوریتم هسته پایه نگارنده زاویه طیفی انتقال می‌یابد. نهایتاً، نقشه تغییر با استفاده از الگوریتم بیشینه‌سازی امیدریاضی به‌دست می‌آید. از مهم‌ترین مزایای این روش: خودکار بودن، عدم نیاز به تنظیم پارامترهای دانش مبنا، نرخ کم هشدارهای اشتباه و دقت بالا و حجم پایین محاسبات می‌توان اشاره نمود. برای بررسی توانایی روش پیشنهادی، تصاویر ابرطیفی دریافت شده از مزارع کشاورزی هرمیستن واقع در آمریکا توسط سنجنده هایپریون استفاده و مورد ارزیابی قرارگرفته است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده بهبود قابل‌توجه آشکارسازی تغییرات با به‌کارگیری روش پیشنهادی در مقایسه با مدل استاندارد نگارنده زاویه طیفی است، به‌طوری‌که دقت کلی بالای ۹۴٪، ضریب کاپا ۰/۸۴، نرخ هشدارهای اشتباه کلی کمتر از ۶٪ و هزینه محاسباتی و زمانی نسبتاً پایین حکایت می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تصاویر فراطیفی، آشکارسازی تغییرات، هسته مبنا، طبقه‌بندی بیشینه‌سازی امید، نگارنده زاویه طیفی.

*نویسنده مکاتبه کننده: خیابان کارگرشمالی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

تلفن: ۶۱۱۱۴۵۲۵-۰۲۱

Email: hasanlou@ut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

۱- مقدمه

از پیدایش سنجش‌ازدور تاکنون، سنجنده‌های متنوعی برای اخذ داده از زمین و محیط‌زیست به‌کار گرفته‌شده است. این تنوع داده باعث توجه بیشتر محققان به تحلیل داده‌های سنجش‌ازدوری و به تبع آن به‌کارگیری سنجش‌ازدور در حوزه‌های مختلفی شده است. با پیشرفت تکنولوژی، امکان ساخت سنجنده‌هایی با توان تفکیک مکانی، زمانی، طیفی، رادیومتریکی بالا فراهم گردیده است، که امکان تحلیل دقیق‌تر اشیاء و پدیده‌های زمینی را به‌وجود آورده است[۱]. یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه سنجنده‌های سنجش‌ازدور، ساخت سنجنده‌های فراطیفی با قابلیت اخذ تصویر با توان تفکیک طیفی بالا (صدها باند طیفی با طول موج باریک) است[۱، ۲ و ۳]. افزایش تعداد باندهای طیفی، اطلاعات بیشتری در زمینه شناسایی و طبقه‌بندی پوشش زمینی عوارض و موارد مشابه را فراهم آورده است. با وجود این سنجنده‌ها امکان تشخیص و تمایز عوارض مختلف حتی با وجود شباهت‌های زیاد امکان‌پذیر شده است[۲، ۴ و ۵]. از این رو مطالعات گسترده‌ای روی تصاویر فراطیفی در حوزه‌ها و کاربردهای مختلفی مانند: شناسایی اهداف، طبقه‌بندی، شناسایی ناهنجاری و آشکارسازی تغییرات انجام گرفته است [۵]. در این بین یکی از کاربردهای اصلی تصاویر فراطیفی که در چند دهه اخیر مورد توجه محققان بوده است؛ آشکارسازی تغییرات است.

آشکارسازی تغییرات عبارت است از مجموعه پردازش‌هایی که تغییرات یک شی یا یک عارضه و یا به‌طور کلی یک محیط جغرافیایی را نسبت به زمان‌های مختلف شناسایی می‌کند[۶]. آشکارسازی تغییرات به‌طور وسیعی در حوزه‌های مختلف مطالعات علوم زمین کاربرد دارد که شامل: پایش توسعه شهری، پایش جنگل‌ها، جلوگیری از وقوع فاجعه، به‌روزرسانی نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی و مدیریت بهینه استفاده از منابع است[۷، ۸، ۹ و ۱۰]. در تصاویر سنجش‌ازدوری این تغییرات که به‌صورت تغییر در ویژگی‌های بافتی، شکل و یا درجات خاکستری نمایان می‌شوند، عمدتاً مربوط به تغییرات کاربری و پوشش زمین است[۶]. اگرچه عوامل دیگری مانند؛ اثرات اتمسفری، وجود نویز، تفاوت زاویه تابش خورشید و اثرات فصلی هم باعث تغییرات در تصاویر چندزمانه سنجش‌ازدوری می‌شوند[۴، ۱۱ و ۱۲]. اما با یکسری پیش‌پردازش‌ها یا پس پردازش‌هایی می‌توان اثر این عوامل را بر نتایج آشکارسازی تغییرات کاهش داد.

تغییرات مربوط به خصوصیات بیوفیزیکی و پوشش اراضی از جمله تغییراتی هستند که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر زندگی جامعه بشری تاثیر قابل توجهی می‌گذارند. بنا به گزارشات و تحقیقات پیشین، این تغییرات تاثیر زیادی بر محیط زیست، اقتصاد و مسائل اجتماعی گذاشته است. به طور مثال تبدیل جنگل‌ها و مزارع کشاورزی به‌منظور توسعه شهری باعث شده تا حجم محصولات غذایی با کیفیت و محصولات چوبی کاهش یافته و به تبع آن چرخه اقتصاد با یک عامل مخرب روبرو شود. فرسایش و شوری خاک، کویرزایی و سایر مشتقاتی نمونه‌ای از اثرات منفی این تغییرات در عرصه محیط زیست هستند. از نقطه نظر اجتماعی؛ توسعه شهری به حدی پیشروی کرده است که برخی جوامع روستایی هویت اجتماعی خود را از دست داده‌اند. بنابراین اولین‌کاری که در این زمینه بایستی انجام داد، آشکارسازی تغییرات است[۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷].

با توجه به اهمیت آشکارسازی تغییرات در شناسایی تغییرات کاربری زمین و پوشش اراضی لازم است این امر با دقت بالایی انجام گیرد[۱ و ۴]. از طرفی با پیشرفت فن‌آوری امکان اخذ داده با حد تفکیک مکانی، طیفی، زمانی و رادیومتریکی بالا میسر شده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

صحت و کیفیت خروجی محصولات سنجش‌ازدوری وابسته به کیفیت و نوع داده جمع‌آوری‌شده و همچنین کارآیی روش پردازشی است. از این رو به‌منظور پردازش این داده‌ها و تولید نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعات مکانی دقیق و با صحت بالا، ارائه روش‌های مناسب و جدید امری اجتناب‌ناپذیر است. به‌طورکلی تاکنون روش‌های مختلفی برای آشکارسازی تغییرات با استفاده از تصاویر فراطیفی توسعه داده شده است که در ادامه سعی می‌شود هر کدام از این روش‌ها به‌طور خلاصه ارائه شوند

در روشی که توسط بروزنه و همکاران در سال ۲۰۱۲ منتشر شده، اتوماتیک بودن سطح اتوماسیون (انتخاب حدآستانه بهینه) به کمک الگوریتم‌های بیشینه امید و تحلیل بردار تغییرات انجام گرفته است[۱۸]. اگرچه این روش در یک چارچوب نظارت نشده انجام می‌گیرد، اما در فرآیند انتخاب حدآستانه به یک هیستوگرام شفاف نیاز دارد. همانطور که می دانید در تصاویر سنجش از دوری، به‌دلیل پیچیدگی عوارض موجود در منطقه مورد مطالعه، شرایط محیطی و عوامل دستگاهی، همیشه هیستوگرامی شفاف از نواحی تغییر و بدون تغییر وجود ندارد. این مساله موجب عدم انتخاب حدآستانه بهینه و درنتیجه پایین آمدن دقت آشکارسازی تغییرات می‌گردد.

وو و همکاران در سال ۲۰۱۲ روشی روشی ارائه دادند که در آن با استفاده از داده‌های آموزشی (شامل پیکسل‌های تغییر و بدون‌تغییر) و الگوریتم برآوردگر همدوسی‌های انطباقی[1]، آشکارسازی تغییرات انجام می‌گرفت. در این روش برای کاهش تعداد باندهای تصاویر فراطیفی و به تبع آن کاهش اثر پدیده هیوز از الگوریتم تحلیل مؤلفه اصلی استفاده نمودند[۱۹]. نیاز به داشتن داده آموزشی و به‌تبع آن کیفیت و کمیت داده آموزشی باعث شده تا از محبوبیت این روش کاسته شود.

در سال ۲۰۱۳ وو و همکاران روشی نظارت‌شده ارائه دادند که در آن با استفاده از پیکسل‌های زمان اول، امضای طیفی و اطلاعات همسایگی هر یک از مناظر مرتبط با آن پیکسل؛ بردار تغییر مربوط به هر پیکسل و به تبع آن نقشه تغییرات تولید می‌شد[۲۰]. این روش، نیاز به انتخاب حدآستانه مناسب به‌منظور تولید نقشه تغییرات دارد. در کاربردهای واقعی آشکارسازی تغییرات به‌دست آوردن یک حدآستانه مناسب که بتواند تمامی تغییرات را شناسایی کند، کار مشکلی است. علاوه برآن تاثیرپذیری این روش در برابر شرایط دستگاهی و محیطی کاملاً مشهود است.

در سال ۲۰۱۴ لو و همکاران روش مبتنی بر الگوریتم شبه نظارت متریک فاصله‌ای آشکارسازی تغییرات[2] جهت آشکارسازی تغییرات ارائه دادند. در این روش پس از یادگیری متریک فاصله‌ای، نواحی تغییر و بدون تغییر قابلیت تفکیک‌پذیری پیدا می‌کنند[۲۱]. زمان محاسباتی بالا و مشکلات مربوط به اخذ داده آموزشی بین تصاویر چندزمانه باعث شده تا از محبوبیت این روش کاسته شود.

در سال ۲۰۱۵ پلازا و همکاران یک روش آشکارسازی تغییرات مبتنی بر اختلاط طیفی ارائه کرده‌اند، این روش ابتدا با کنار هم گذاشتن هر دو داده چند زمانه ابرطیفی عضوهای پایانی توسط الگوریتم هایسیم[3] تخمین زده می‌شود و سپس برای هر داده چند زمانه عضوهای پایانی توسط الگوریتم ان-فایندر[4] یا سیسال[5] استخراج می‌شود. در مرحله بعد با به‌کارگیری الگوریتم‌های جداسازی خطی کمترین مربعات با

[1] Adaptive Coherence/Cosine Estimator (ACE)

[2] Semi supervised Distance Metric for Change Detection (SSDM-CD)
[3] Hysime
[4] N-finder
[5] Sisal

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

قیود کامل، بردار فراوانی محاسبه و نهایتاً اطلاعات تغییر با مقایسه دو بردار فراوانی محاسبه می‌شود[۲۲]. در این روش، مقایسه بردار فراوانی بین دو پیکسل به‌منظور ایجاد نقشه تغییرات به دانش اولیه یک عامل انسانی نیاز دارد. همچنین وجود نویز و شرایط جوی باعث ایجاد اثرات منفی روی تحلیل اختلاط طیفی می‌گردد، که در نتیجه آن دقت آشکارسازی تغییرات پایین می‌آید.

به‌طور کلی روش‌های آشکارسازی تغییرات را می‌توان در پنج گروه: روش‌های شباهت مبنا، روش‌های تبدیل مبنا، روش‌های پس طبقه‌بندی، روش‌های طبقه‌بندی مستقیم و روش‌های نوین و ترکیبی تقسیم‌بندی کرد [۶ و ۱۲]. هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی است که بسته به کاربرد و شرایطی پیشنهاد شده‌اند. اما به‌طورکلی این روش‌ها در آشکارسازی تغییرات با تصاویر فراطیفی دارای معایبی مانند نیاز به داده آموزشی، وابستگی به نویز و شرایط اتمسفری، عدم استفاده از خصوصیات ذاتی تصویر فراطیفی، نیاز به تعیین حد آستانه بهینه، انتخاب باندهای بهینه، حجم بالای محاسبات، نیاز به تنظیم پارامترها مبتنی بر دانش بشری، اختلاط پیکسل‌های تغییر و بدون تغییر اشاره نمود[۶، ۱۲، ۲۳ و ۲۴].

الگوریتم نگارنده زاویه طیفی، یکی از متداول‌ترین الگوریتم‌های سنجش‌ازدوری است که به وفور در تحلیل داده‌های فراطیفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌دلیل حساسیت بالای این روش به کیفیت داده ورودی، در استفاده از این روش، پیش‌فرض خاصی (ارائه داده با کیفیت بسیار مطلوب) در نظر گرفته می‌شود. به‌عبارت دیگر وجود یکسری عوامل مانند نوفه و تاثیرات جوی در داده، جواب نهایی مساله را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در صورتی که داده مورد استفاده چنین پیش‌فرض‌هایی را نداشته باشد، نتایج حاصل جوابگوی نیازهای کاربردی نخواهد بود[۲۵ و۲۶].

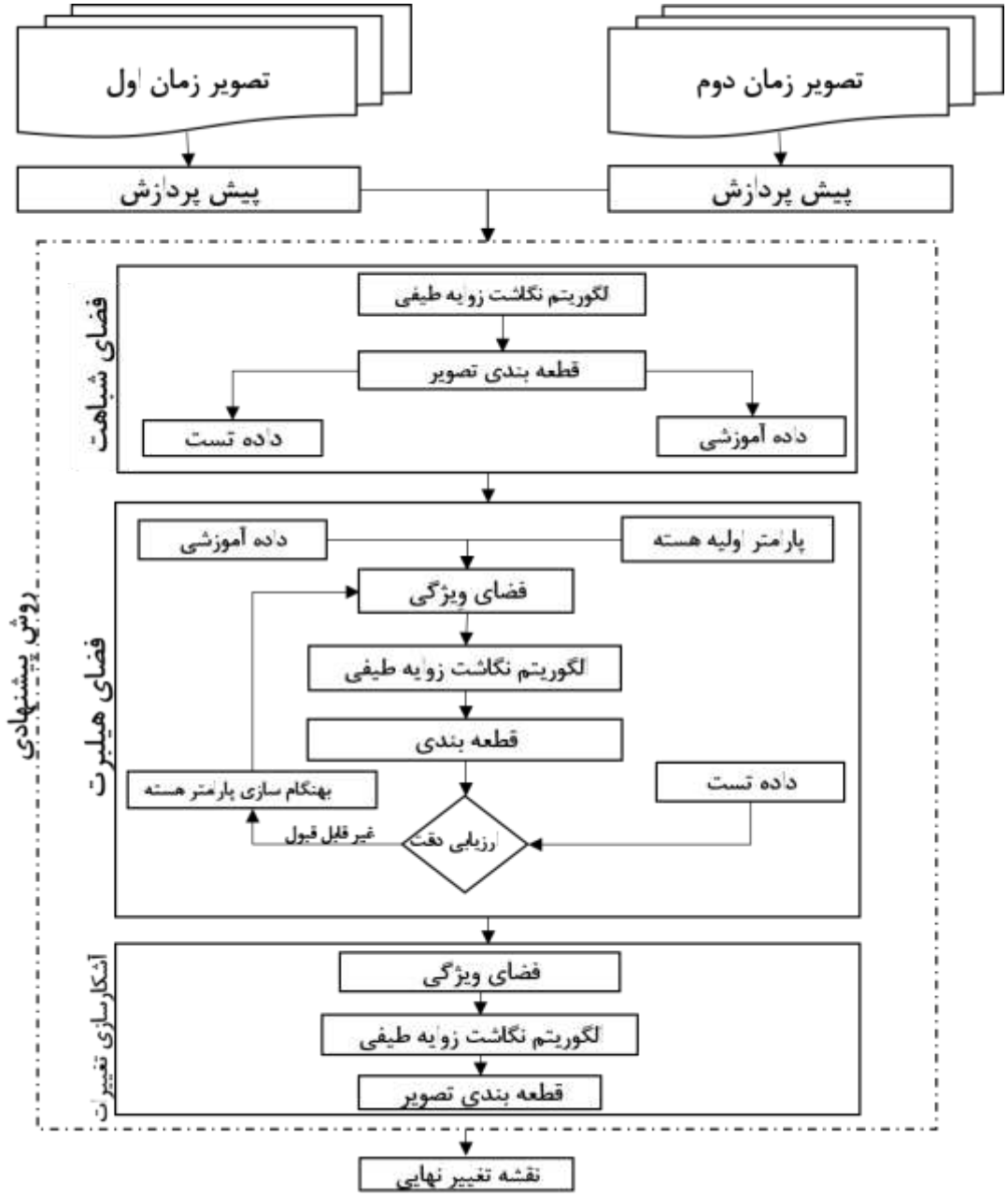
با توجه به چالش‌ها و مشکلات آشکارسازی تغییرات، نیاز به داشتن یک روش آشکارسازی تغییرات که بتواند چالش‌های ذکر شده را به حداقل ممکن برساند، امری اجتناب ناپذیر است. بدین منظور پژوهش حاضر در نظر دارد، یک چارچوب جدید آشکارسازی تغییرات را ارائه دهد که بتواند چالش‌های موجود در آشکارسازی تغییرات را به حداقل برساند. علاوه بر آن در نظر دارد، پتانسیل و ظرفیت نگارنده زاویه طیفی هسته مبنا را با به‌کارگیری تصاویر فراطیفی مورد بررسی قرار دهد. این روش در دسته‌بندی روش‌های متداول آشکارسازی تغییرات؛ در گروه ترکیبی قرار می‌گیرد. روش پیشنهادی بر اساس به‌کارگیری چند مرحله‌ای الگوریتم هسته مبنای نگارنده زاویه طیفی و طبقه‌بندی تصویر با بیشینه‌سازی امید در یک چارچوب بدون نظارت انجام می‌شود. در بخش‌های بعدی جزئیات روش پیشنهادی بیشتر تشریح خواهد شد. این مقاله در پنج بخش سازمان‌دهی شده است: بخش اول مقدمه است که بیان شد؛ در بخش دوم، جزئیات روش پیشنهادی؛ بخش سوم، منطقه موردمطالعه و پیش‌پردازش‌ها؛ بخش چهارم، ارائه نتایج و پیاده‌سازی و بخش پنجم، نتیجه‌گیری و ارائه نتایج آمده است.

۲- روش پیشنهادی

این بخش به تشریح جزئیات ساختار روش پیشنهادی می‌پردازد. مطابق با فلوچارت شکل(۱)، ساختار روش پیشنهادی ارائه‌شده است، که شامل الگوریتم‌های نگارنده زاویه طیفی و طبقه‌بندی تصویر با بیشینه‌سازی امید است. مطابق این الگوریتم داده پس از انجام پیش پردازش‌های لازم وارد فضای شباهت می‌شود.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]



شکل ۱: فلوچارت روش پیشنهادی

در ابتدا، نواحی تغییر و بدون تغییر، توسط الگوریتم نگارنده زوایه طیفی پیش‌بینی شده سپس هر پیکسل توسط الگوریتم بیشینه‌سازی امید، تصمیم‌گیری و به یکی از دوکلاسِ تغییر و بدون‌تغییر تفکیک می‌شود. در مرحله بعد، به‌منظور تعیین پارامترهایِ بهینه هسته، یکسری داده آموزشی از نقشه تغییر اولیه استخراج می‌شود. این داده آموزشی، وارد فضای ویژگی شده و برای یافتن پارامتر بهینه‌ی هسته مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مقادیر بهینه پارامترهای هسته با استفاده از الگوریتم جست‌وجوی شبکه‌ای[1]

[1] Grid Search

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

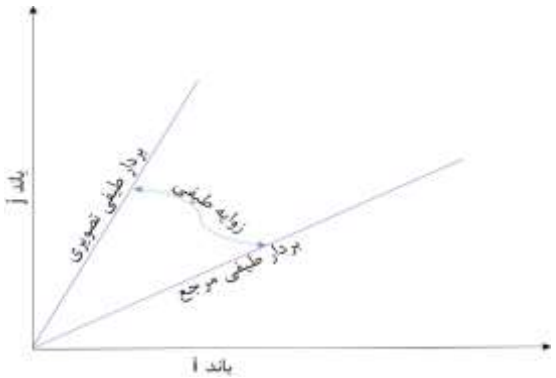
تعیین می‌گردد. پس از تعیین مقدار بهینه پارامتر هسته، تصاویر چندزمانه به‌منظور آشکارسازی تغییرات به مراحل الگوریتم پیشنهادی وارد می‌شوند و نقشه تغییر نهایی تولید می‌شود. در بخش‌های بعدی به تشریح جزئیات روش پیشنهادی پرداخته شده است.

۲-۱- الگوریتم نگارنده زاویه طیفی

الگوریتم نگارنده زاویه طیفی زیرمجموعه از روش‌های شباهت مبنا است، که زاویه طیفی بین بردار مرجع و بردار هدف را اندازه‌گیری می‌کند[۲۵ و۲۶]. الگوریتم نگارنده زاویه طیفی در تحلیل داده‌های سنجش‌ازدوری و پردازش تصویر به وفور استفاده می‌شود. ازجمله مهمترین این کاربردها می‌توان به: استروفیزیک[1]، بینایی کامپیوتر[2]، مهندسی صنعت[3]، شناسایی اهداف، طبقه‌بندی، آشکارسازی تغییرات، تصحیح‌های اتمسفری و شاخص ارزیابی کیفیت در عضو پایانی استخراج شده، فشرده‌سازی تصویر و حذف نویز، اشاره داشت[۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ و۲۹]. به‌علت مستقل بودن زاویه طیفی از طول بردار، این الگوریتم دربرابر تابش‌های متفاوت نور خورشید تغییرناپذیر است. زاویه طیفی بین دو بردار مطابق به رابطه (۱) تعریف می‌شود.

$$SAM_\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{x_1.x_2}{|x_1|.|x_2|}\right) \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن x_1 و x_2 به ترتیب بردار مرجع و بردار هدف است. شکل (۲) زاویه طیفی بین دو بردار را نشان می‌دهد.



شکل ۲: الگوریتم نگارنده زاویه طیفی

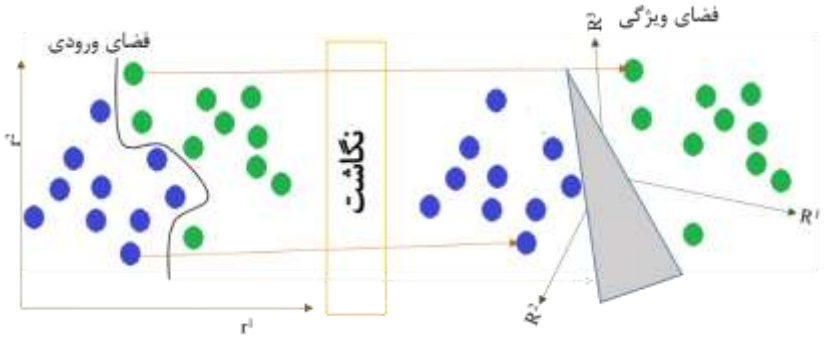
۲-۲- اصول هسته

استفاده از روش‌های هسته مبنا در تشخیص الگو و یادگیری ماشین، به‌علت بهبود نتایج به‌طور چشمگیری افزایش یافته به‌طوریکه؛ این امر موجب گردیده، در بسیاری از تحلیل‌های سنجش‌ازدوری از جمله: آشکارسازی تغییرات، کاهش ابعاد، شناسایی اهداف، شناسایی ناهنجاری، پایش تخریب و طبقه‌بندی مورد توجه قرار گیرد[۳۰، ۳۱ و ۳۲]. در مواردی که مرز تصمیم‌گیری به‌صورت خطی جداپذیر نیست، استفاده از توابع هسته باعث می‌شود که مرز تصمیم‌گیری غیرخطی و روابط پیچیده بین داده‌ها، به‌صورت خطی تفکیک شود (مطابق شکل (۳)) [۲۴ و ۳۰]. این امر با یک نگاشت غیرخطی، با انتقال داده از فضای تصویر به یک فضایی دیگری تحت عنوان فضای ویژگی که دارای ابعادی متفاوت از فضای ورودی (فضای تصویر) است، مسیر می‌گردد.

توابع هسته دارای شکل‌های مختلفی است که مهم‌ترین آن‌ها، هسته چندجمله‌ای، هسته خطی و هسته پایه شعاعی است. روابط این هسته‌ها در جدول (۱) به‌همراه پارامترهای آن نشان داده شده است.

[1] Astrophysics
[2] Computer Vision
[3] Industrial Engineering

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]



شکل ۳: نحوه نگاشت داده از فضای ورودی به فضای ویژگی توسط هسته

جدول ۱: انواع توابع هسته پایه و پارامترهای تخمین

نوع هسته	رابطه ریاضی	پارامترهای تخمین	تعداد پارامترها
خطی	$k(x.y) = x^T y$	۰	۰
چندجمله‌ای	$k(x.y) = (\gamma x^T y + \beta_0)^d$	$d.\gamma.\beta_0$	۳
پایه شعاعی	$k(x.y) = e^{(-\gamma \|x-y\|^2)}$	γ	۱

۲-۳- هسته نگارنده زاویه طیفی

داده ورودی، توسط تابع نگاشت به یک فضای جدیدی، تحت عنوان فضای ویژگی نگاشت می‌شود که در آن الگوهای دارای تفکیک‌پذیری غیرخطی، قابلیت تفکیک خطی می‌یابند. به‌منظور درک بهتر مساله تغییر ابعاد، شکل (۳) را در نظر بگیرید. فرض کنید: $X=(x_1.\ldots.x_k)$ یک مجموعه داده فراطیفی با k پیکسل و x، یک پیکسل از داده فراطیفی است. هرکدام از پیکسل‌های داده X یک بردار طیفی، با m تعداد باندهای طیفی است. مجموعه مرجع $E=(e_1.\ldots.e_h)$ را با h پیکسل در نظر بگیرید؛ که هرکدام از پیکسل‌های آن، یک بردار طیفی در ابعاد 1×m است. مولفه‌های مجموعه مرجع، کلاس‌های مدنظر ما هستند که در این پژوهش، کلاس تغییر و بدون‌تغییر می‌باشد. می‌خواهیم مجموعه داده فراطیفی X را توسط یک تابع غیرخطی (φ) به فضای ویژگی (F) نگاشت کنیم. مجموعه X در فضای ویژگی به یک ماتریسی در ابعاد $X_{h\times k}$ نگاشت می‌شود. رابطه (۲) نگاشت غیرخطی از فضای ورودی به فضای ویژگی را بیان می‌کند.

$$\varphi: X \to F, x \to \varphi(x) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن φ ، تابع نگاشت F، فضای ویژگی، X داده فراطیفی ورودی است. همچنین x به‌عنوان عضوی از مجموعه داده فراطیفی X پس از نگاشت توسط تابع نگاشت به‌صورت $\varphi(x)$ در فضای ویژگی در می‌آید. به‌منظور تعمیم هسته نگارنده زاویه طیفی به مساله آشکارسازی تغییرات دو داده سنجش‌ازدوری با N پیکسل در m باند طیفی، $U=\{u_1,\ldots.,u_N\} \subset R^m$ و $V=\{v_1,\ldots.,v_N\} \subset R^m$ در نظر بگیرید. این داده‌ها پس از نگاشت توسط تابع φ به ترتیب به‌صورت $\{\varphi(u_1),\ldots.,\varphi(u_N)\}$ و $\{\varphi(v_1),\ldots.,\varphi(v_N)\}$، در می‌آیند.

از آنجایی‌که، رابطه ریاضی تابع نگاشت به سادگی قابل پیاده‌سازی نیست، معمولاً از فرم هسته‌ای (کرنلی) آن استفاده می‌شود[۲۴]. هسته‌ها می‌تواند توسط توابع مختلفی تعریف شود، اما رابطه کلی برای دو نمونه u_j و v_i (پیکسل jام و iام از تصویر فراطیفی) مطابق با رابطه (۳) تعریف می‌شود[۲۵ و۲۶].

$$K(v_i.u_j) = \langle \varphi(v_i).\varphi(u_j) \rangle \qquad \text{رابطه (۳)}$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

در این رابطه، K تابع هسته (در این پژوهش از سه فرم مختلف تابع هسته که در جدول (۱) به آن پرداخته شده، استفاده می‌شود) و $\langle \varphi(v_i).\varphi(u_j) \rangle$ نشان‌دهنده ضرب داخلی بین دو بردار $\varphi(v_i)$ و $\varphi(u_j)$ است. معادله نگارنده زاویه طیفی هسته مبنا برای دو نمونه، بردار طیفی u_j و v_i با رابطه (۴) تعریف می‌شود.

رابطه (۴) $$\theta_{ij} = \cos^{-1}\left(\frac{K(v_i.u_j)}{K(v_i.v_i).K(u_j.u_j)}\right)$$

که در آن θ_{ij} زاویه بین دو بردار طیفی در فضای ویژگی است.

۲-۴- الگوریتم بیشینه‌سازی امید

الگوریتم بیشینه‌سازی امید ریاضی یک روش تکراری به‌منظور یافتن، برآورد بیشینه درستنمایی برای داده‌های گمشده (مشاهدات به‌طور کامل موجود نباشد) است. در حقیقت بیشینه‌سازی امید یکی از متداول‌ترین روش‌هایی است که به‌منظور برآورد چگالی داده در یک چارچوب بدون نظارت به‌کار برده می‌شود[۳۲]. این روش با استفاده از تخمین‌های اولیه از پارامترهای مدل شروع شده و در تکرارهای بعدی مقادیر این پارامترها به‌روز می‌شوند و این کار تا جایی ادامه می‌یابد که الگوریتم همگرا شود[۳۲ و ۳۳]. در الگوریتم بیشینه‌سازی امید مرحله تکراری از دو گام محاسبه امید و بیشینه‌سازی تشکیل می‌شود. فرض کنید، ما k مؤلفه در مدل آمیخته داریم. رابطه تابع چگالی احتمال آمیخته‌ای به‌صورت رابطه (۵) است[۳۲ و ۳۳].

رابطه (۵) $$f(x|\theta) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i f_i(x|\theta_i)$$

که در آن x بردار خصوصیات و α_i وزن آمیخته، تحت شرایط $\sum_{i=1}^{k} \alpha_i = 1$ و θ نمایش پارامترهای $(\alpha_1. \dots . \alpha_k. \theta_1. \dots . \theta_k)$ و f_i توزیع چگالی پارامتری شده به‌وسیله θ_i است[۳۲ و ۳۳].

رابطه (۶) $$P(x|\theta_i) = e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu_i)^2}$$

در رابطه (۶)، θ_i پارامتر آمیخته گوسی است. مدل آمیخته گاوسی برای مشاهدات مستقل و هم توزیع، مجموع وزن‌دار k مولفه با تابع چگالی گوسی است، که مطابق رابطه (۷) نمایش داده می‌شود.

رابطه (۷) $$f(x_i|\mu.\sum) = \sum_{i=1}^{k} \alpha_i \varphi(x_i|\mu_i.\sum_i)$$

در رابطه (۷)، $\varphi(x_i|\mu_i.\sum_i)$، تابع چگالی گوسی با پارامترهای $\sum_k$ و μ_k مربوط به مولفه kام است که از طریق رابطه (۶) به‌دست می‌آید. به‌طورکلی الگوریتم بیشینه‌سازی امید با ورودی تعداد چگالی گوسی در مدل آمیخته (k)، میزان خطای برای توقف تکرارها (ε)، هیستوگرام تصویر(H) شروع شده و با خروجی پارامترهای مدل $(\alpha_1. \dots . \alpha_k. p_1. \dots . p_k)$ پایان می‌یابد[۳۲ و ۳۳]. مراحل این الگوریتم به‌صورت زیر است:

۱) محاسبه امید، احتمال تعلق هرکدام از مشاهدات به مؤلفه k ام (رابطه (۸)).

رابطه (۸) $$\varphi\left(i|x_j.\theta\right) = \frac{p_i f_i(x_j|\alpha_i)}{\sum_{k=1}^{K} p_k f_k\left(x_j|\alpha_k\right)}$$

۲) بیشینه‌سازی امید، در این مرحله پارامترهای مدل آمیخته گوسی به‌روز رسانی می‌شود (رابطه ۹).

رابطه (۹)

$$p_i^{new} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k} \varphi\left(i|x_j.\theta^{old}\right)$$

$$\mu_i^{new} = \frac{\sum_{j=1}^{k} x_j \varphi(i|x_j.\theta^{old})}{\sum_{j=1}^{k} \varphi(i|x_j.\theta^{old})}$$

$$\sum_i^{new} = \frac{\sum_{j=1}^{k} \varphi(i|x_j.\theta^{old})(x_j-\mu_i^{new})(x_j-\mu_i^{new})^T}{\sum_{j=1}^{k} \varphi(i|x_j.\theta^{old})}$$

۳) شرط توقف، زمانی که به‌شرط توقف برسد، الگوریتم از تکرار خارج می‌شود (رابطه (۱۰)).

رابطه (۱۰) $$\|\theta^{new} - \theta^{old}\| \leq \varepsilon$$

برای مورد خاص آشکارسازی تغییرات، ما دو کلاس تغییر و بدون تغییر داریم، بنابراین تعداد k برابر دو است. بعد از تعیین پارامترهای مدل برای هر مشاهده، احتمال تعلق به کلاس k ام محاسبه می‌شود و پیکسل به کلاسی تعلق می‌یابد که بیشترین احتمال تعلق را

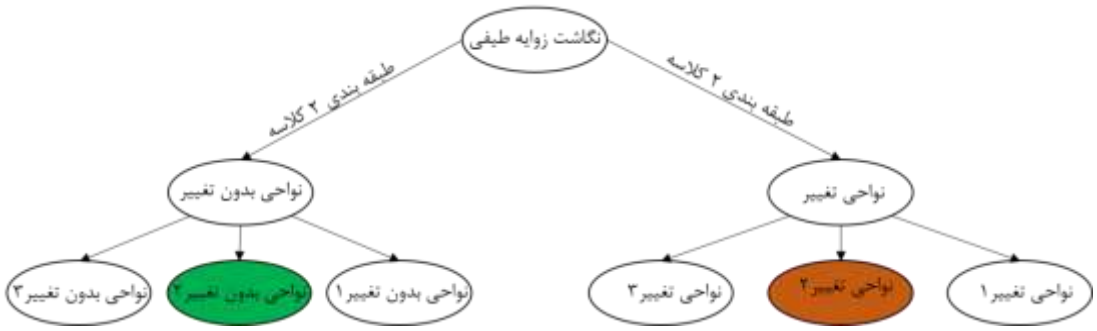
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

داشته باشد. سپس برای آن پیکسل برچسب اختصاص داده می‌شود[۳۲ و ۳۳].

۲-۵- انتخاب داده آموزشی

هدف از اجرای این بخش انتخاب داده آموزشی جهت تعیین پارامترهای هسته انتخابی است. وجود برخی عوامل ازجمله: مقادیر نویزی، شرایط اتمسفری و عدم شفافیت قله‌های نواحی تغییر و بدون تغییر در هیستوگرام و آمیخته شدن این قله‌ها، باعث می‌شود که نمونه‌های انتخابی بعد از آستانه‌گذاری از قطعیت کمتری برخوردار باشند. بنابراین به‌منظور افزایش قطعیت و اعتمادپذیری داده آموزشی، انتخاب داده آموزشی به اساس چهار مرحله می‌باشد: (۱) تهیه نقشه اولیه در دو کلاس تغییر و بدون تغییر توسط الگوریتم نگارنده زاویه طیفی و مدل آمیخته گوسی. (۲) استخراج پیکسل‌های تغییر و بدون تغییر از خروجی الگوریتم نگارنده زاویه طیفی در دو کلاس مجزا. (۳) به‌کارگیری مجدد الگوریتم طبقه‌بندی بر روی پیکسل‌های هرکدام کلاس‌های مرحله قبل (تغییر و بدون تغییر) و ایجاد سه کلاس. (۴) به‌دلیل اینکه، در الگوریتم بیشنه‌سازی امید، کلاس‌ها برحسب مقادیر پیش‌بینی شده توسط الگوریتم نگارنده زاویه طیفی برچسب می‌گیرند، بنابراین داده آموزشی، از کلاسی دارای برچسب دو، از مرحله قبل، انتخاب می‌شود.

علت انتخاب کلاس وسطی، افزایش اعتمادپذیری در انتخاب داده آموزشی است. افزایش اعتمادپذیری از دو عامل نشات می‌گیرد: (الف) کلاس نویز که معمولاً در ابتدا و انتهای هیستوگرام ایجاد می‌گردد و بنابراین انتخاب کلاس وسطی باعث عدم تاثیرپذیری این کلاس از نویز می‌شود و (ب) به علت آمیخته شدن قله‌های هیستوگرام کلاس تغییر و بدون‌تغییر انتخاب حدآستانه با دقت پایینی انجام می‌گردد. بنابراین انتخاب کلاس دومی، به علت روند انتخاب حدآستانه باعث، مرتفع نمودن اثرات این عوامل می‌شود. پس از انجام مراحل فوق نمونه‌های آموزشی با درصد اطمینان بالاتری به‌منظور یافتن پارامترهای بهینه هسته وارد فرآیند می‌شود. شکل(۴) نحوه‌ی انتخاب داده آموزشی را ارائه می‌دهد.



شکل ۴: نحوه‌ی انتخاب داده آموزشی

داده انتخاب شده به دو بخش تست و آموزشی تقسیم می‌شوند. در ابتدا توسط الگوریتم جست و جوی شبکه‌ای پارامترهای هسته بهینه می‌شوند. مقادیر بهینه پارامترهای هسته با اجرای کامل الگوریتم جست وجوی شبکه‌ای انجام می‌گیرد. برای مقادیری از پارامترها، که دقت کلی دارای بیشترین مقدار است به‌عنوان مقادیر بهینه در نظر گرفته می‌شود. سپس پارامترهای به‌دست آمده به‌منظور آشکارسازی تغییرات وارد مرحله بعد می‌شود.

۳- منطقه و داده فراطیفی موردمطالعه

این بخش به جزئیات، منطقه مطالعاتی و داده مورداستفاده به‌منظور آشکارسازی تغییرات در این مقاله می‌پردازد.

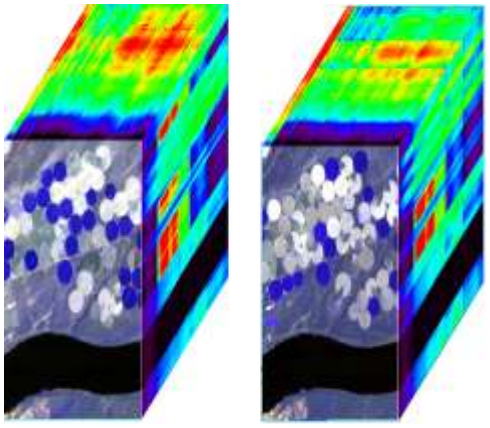
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

۳-۱- داده فراطیفی

سنجنده هایپریون بروی روی ماهواره EO-1[1] قرار دارد و از نوع فضا برد است. مشخصات این سنجنده در جدول (۲) آمده است.

۳-۲- منطقه مطالعاتی

در این تحقیق به‌منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر فراطیفی از داده‌ی مربوط به مزارع کشاورزی استفاده‌شده است. این داده‌ها به فاصله زمانی سه سال از مزارع هرمیستن واقع در آمریکا توسط سنجنده هایپریون اخذ شده است. این داده در تاریخ‌های ۷-اردیبهشت-۱۳۸۳ و ۳-اردیبهشت-۱۳۸۶ اخذشده و ابعاد آن ۲۴۱×۳۰۸ است (شکل (۵)).



شکل ۵: نمایش ترکیب رنگی کاذب داده فراطیفی که به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۶

۴- پیاده‌سازی و ارائه نتایج

به‌منظور ارزیابی دقت و مقایسه الگوریتم پیشنهادی با سایر روش‌های متداول در آشکارسازی تغییرات از تصاویر فراطیفی استفاده‌شده است. برای نیل به‌این هدف داده، لازم است یکسری از پیش‌پردازش‌ها برروی تصاویر فراطیفی صورت گیرد[۳۴ و ۳۵]. در قسمت‌های بعدی در مورد جزئیات این پیش‌پردازش‌ها، نتایج به‌کارگیری الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن‌ها با سایر روش‌ها بیشتر توضیح داده خواهد شد.

۴-۱- پیش‌پردازش داده فراطیفی

تصاویر فراطیفی اخذشده توسط سنجنده هایپریون، به‌علت وجود شرایط محیطی و دستگاهی نیاز به یکسری پیش‌پردازش دارند. این پیش‌پردازش‌ها در دو سطح انجام می‌گیرد و شامل پیش‌پردازش‌های هندسی و طیفی است. پیش‌پردازش‌های طیفی مربوط به مقادیر درجه خاکستری است و شامل: حذف جابجایی یک پیکسل، حذف باندهای بدون داده، حذف اثرات نوار شدگی و نویز، تصحیح اثر انحنای طیفی، تبدیل رادیومتریکی، تصحیح اتمسفری و نرمالیزه‌کردن داده در بازه صفر و یک است[۳۵ و ۳۶]. نرمالیزه‌کردن باعث می‌شود که تأثیر باندهای با محدوده عددی بالاتر بر باندهای با محدوده‌ی عددی کوچک‌تر کمتر شده و همچنین باعث کمینه شدن اثرات نویز بر روی نتایج می‌شود. تصحیحات اتمسفری به کمک ماژول فلش[2] در نرم افزار انوی انجام شده است. پیش‌پردازش‌های مکانی مربوط به موقعیت مکانی پیکسل‌ها است، که برای این منظور از تصحیح هندسی نسبی استفاده نمودیم. نقاط متناظر در دو تصویر به‌صورت دستی شناسایی می‌شود و یک تصویر به‌عنوان مرجع و تصویر دیگر نسبت به تصویر مرجع ثبت هندسی می‌شود. روش باز نمونه‌برداری به‌کار رفته در این پژوهش به صورت دورنیابی خطی می‌باشد. میزان خطای ریشه میانگین مربعات خطا[3] تصحیح هندسی برای داده‌های استفاده‌شده، حدود ۰٫۴ پیکسل است.

[1] Environment Observation-1

[2] FLAASH

[3] Root Mean Square Error

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

جدول ۲: مشخصات سنجنده فراطیفی هایپریون

پوشش طیفی	توان تفکیک رادیومتریکی	توان تفکیک طیفی	پهنای باند	توان تفکیک مکانی	گستره طیفی
به‌صورت پیوسته	۱۶ بیتی	۱۰ nm	۵/۷ کیلومتر	۳۰ متر	۰/۴ تا ۲/۵ µm

۴-۲- پیاده‌سازی و ارائه نتایج

ارزیابی و ارائه نتایج یکی از مهم‌ترین قسمت‌های این پژوهش است، برای این منظور در این پژوهش علاوه بر ارزیابی‌های بصری به ارزیابی‌های کمی هم پرداخته‌شده است. جهت تحلیل کمی از شاخص‌های دقت کلی، ضریب کاپا و نرخ هشدارهای اشتباه استفاده‌شده است. تمامی پردازش‌ها در محیط برنامه‌نویسی ویژوال استودیو سی پلاس پلاس نسخه تولید ۲۰۱۵، با کامپیوتری با مشخصات، پردازنده‌ی ۷ هسته‌ای اینتل، حافظه ۸ گیگ، گرافیک ۲ گیگ ان‌ویدیا-جی فورس و در ویندوز ۶۴ بیتی انجام‌شده است. جهت انجام پیش‌پردازش‌های اشاره‌شده در قسمت‌های قبل از نرم‌افزار انوی ورژن ۵.۳ استفاده‌شده است. همچنین در این پژوهش، به‌منظور مقایسه روش پیشنهادی از انواع روش‌های متداول در آشکارسازی تغییرات استفاده شده است. این روش‌ها شامل: شناسایی تغییرات مبتنی بر زیرفضا[1]، تکنیک شناسایی تغییرات چند متغییره با وزندهی تکراری[2] و تحلیل بردار تغییرات فشرده[3] می‌باشد. روش تحلیل بردار تغییرات فشرده دارای یک پارامتر تنظیم است. مقدار پارامتر تنظیم آن را برابر ۰/۸۹ قرار داده شد. با توجه به این که روش پیشنهادی یک روش بدون نظارت است؛ بنابراین مقادیر حد آستانه برای دو روش تکنیک شناسایی تغییرات چند متغییره با وزندهی تکراری و شناسایی تغیرات مبتنی بر زیر فضا توسط الگوریتم اتسو تعیین گردید. با توجه به نتایج ارائه‌شده در شکل (۶) بیشتر روش‌ها تمامی تغییرات را استخراج نموده است؛ اما تفاوت روش‌ها بیشتر در تشخیص‌های اشتباه است که در شکل (۶) به‌خوبی نمایان است. با توجه به خروجی‌های ارائه‌شده در این شکل روش‌ها پیشنهادی کارآمدتر از سایر روش‌ها است.

پس از انجام پیش‌پردازش‌های اشاره‌شده در قسمت‌های قبل الگوریتم پیشنهادی بر روی داده موردنظر مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق روش پیشنهادی پس از به‌کارگیری مدل استاندارد نگارنده زاویه طیفی اولین مرحله انتخاب داده آموزشی و تست توسط الگوریتم پیشنهادی است. به منظور کاهش روند محاسباتی از ۳۰۰۰ پیکسل انتخاب شده به‌طور تصادفی، ۴۰۰ پیکسل به عنوان داده آموزشی تغییر و ۴۱۶ پیکسل به‌عنوان داده آموزشی بدون تغییر انتخاب شد. پارامترهای هسته، به‌همراه داده تست توسط الگوریتم جست و جوی شبکه‌ای بهینه می‌شود و همچنین مقادیر پارامترهای هسته در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳: پارامترهای بهینه هسته

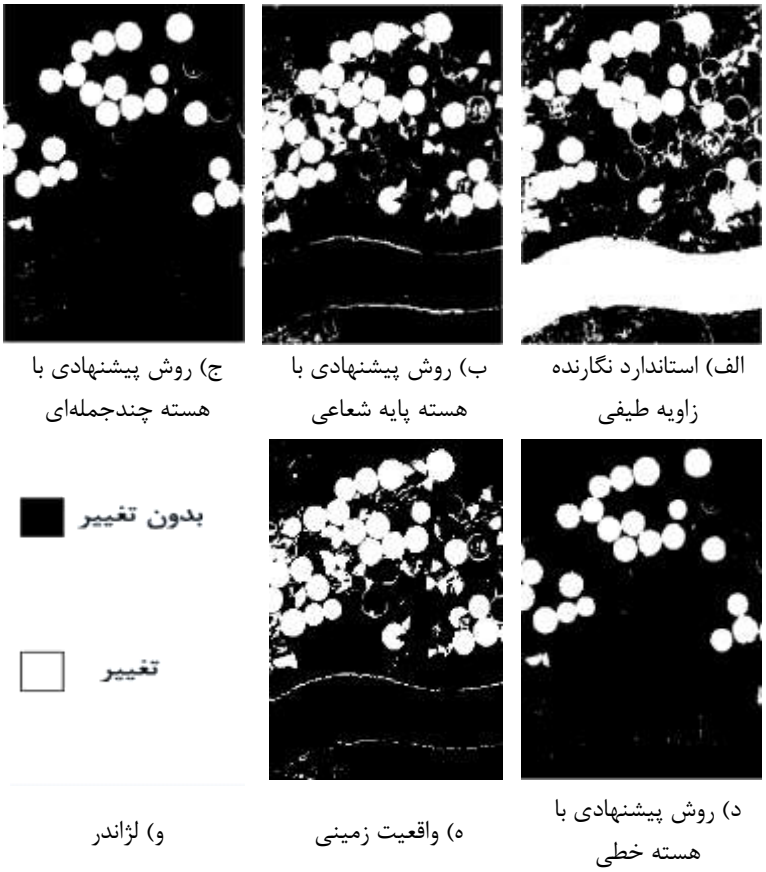
مقدار پارامتر	پارامتر	نوع کرنل
۵	d	چندجمله‌ای
۱	γ	
$۱۰^{-۵}$	β_0	
$۱۰^{-۶}$	γ	پایه شعاعی

پس از یافتن مقدار بهینه پارامترهای هسته، داده‌ها به فضای ویژگی انتقال می‌یابد. در ادامه توسط الگوریتم بیشینه‌سازی امید ریاضی طبقه‌بندی می‌شود. شکل (۶) نتایج خروجی الگوریتم پیشنهادی را به‌صورت بصری

[1] Subspace-based Change Detection
[2] Iterative Reweighted Multivariate Alternative Detection
[3] Compressed Change Vector Analysis

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

ارائـه مـی‌دهـد. شـکل (۶-الـف) روش مـدل اسـتاندارد الگوریتم نگارنده زوایه طیفی را ارائـه مـی‌دهـد، مطـابق این شکل نواحی رودخانـه بـه‌صـورت اشـتباهی ناحیـه تغییر توسط الگوریتم شناسایی شده است.



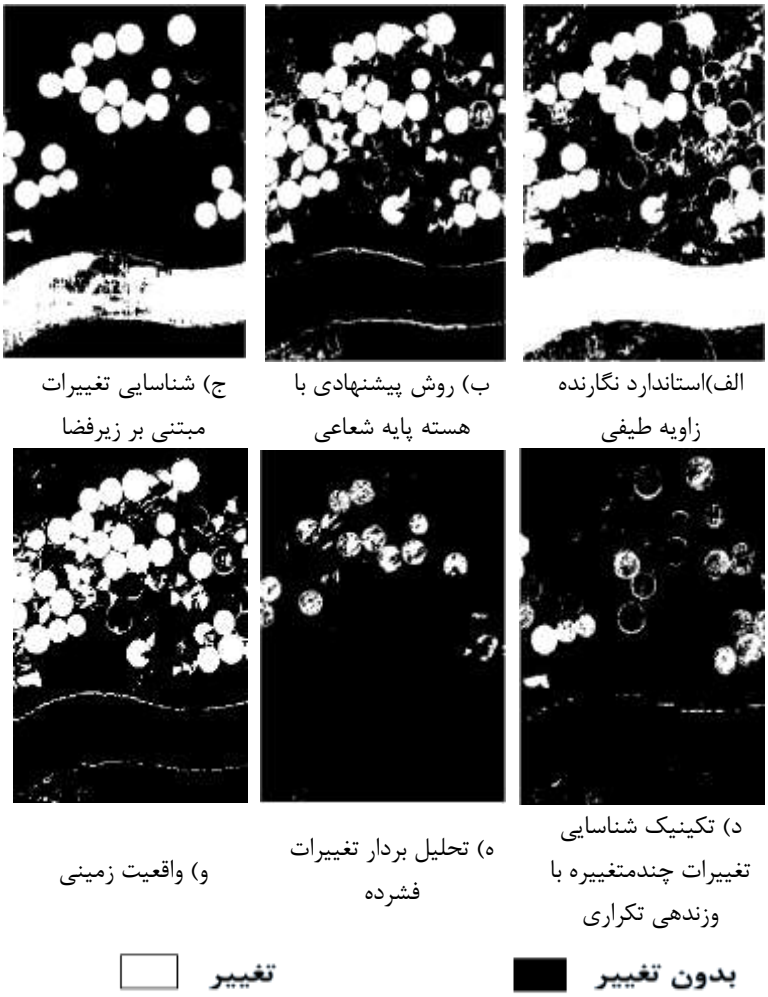
الف) استاندارد نگارنده زاویه طیفی
ب) روش پیشنهادی با هسته پایه شعاعی
ج) روش پیشنهادی با هسته چندجمله‌ای
د) روش پیشنهادی با هسته خطی
ه) واقعیت زمینی
و) لژاندر

شکل ۶: مقایسه بصری روش پیشنهادی با مدل استاندارد نگارنده زاویه طیفی

در حالیکـه مطـابق شـکل (۶-ب-ج-د)، کـه در آن از روش‌های هسته مبنا استفاده شده، این موضوع بـه‌طـور محسوسی نمایان است. در شکل (۶-ب) بـه‌طـور کامـل تمامی تغییرات شناسایی شده اسـت و عـلاوه بـر آن در ایـن شـکل رودخانـه بـه‌عنـوان ناحیـه تغییـر وارد نشده است. این موضوع نشان دهنده عملکرد بسیار خوب روش پیشنهادی با هسته پایه شـعاعی اسـت، بـه طوری که علاوه بر شناسایی تغییـرات پوشـش کـاربری اراضـی دارای نـرخ کـم هشـدارهای اشـتباه اسـت. شکل (۶-ج) روش پیشنهادی با هسـته چندجملـه‌ای و شـکل (۶-د) روش پیشـنهادی بـا هسـته خطـی را ارائه می‌دهد، مطابق این شکل تغییـرات اصـلی توسـط الگوریتم پیشنهادی شناسایی شده، فقط تغییرات جزئی شناسایی نشده اسـت. همچنـین خروجـی ایـن هسـته دارای نرخ کـم هشـدارهای اشـتباه، و نـواحی رودخانـه توسط الگوریتم به‌طور صحیحی شناسایی شده است.

شکل (۷) روش پیشنهادی با هسته پایـه شـعاعی را بـا سـایر روش‌هـای متـدوال آشکارسـازی تغییـرات نمایش می‌دهد. خروجی نمایش داده شده در این شکل حاکی از آن است که الگوریتم پیشنهادی دارای کـارایی بالایی نسبت به سایر روش‌های متدوال در آشکارسـازی تغییرات دارد این در حالی است که سـایر الگـوریتم‌هـا توانایی تشـخیص جزئیـات همـه تغییـرات را نداشـتند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]



شکل ۷: مقایسه بصری روش پیشنهادی با دیگر روش‌های متداول آشکارسازی تغییرات

به‌منظور اثبات کارایی روش پیشنهادی و تحلیل دقیق‌تر روش‌های پیشنهادی مورد تحلیل کمی قرار داده شده است. برای این منظور از سه شاخص تحلیل دقت استفاده شده است. جدول (۴) نتایج تحلیل کمی از به‌کارگیری روش پیشنهادی و مدل استاندارد روش نگارنده زاویه طیفی را نمایش می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل، روش پیشنهادی با هسته پایه شعاعی که به‌صورت برجسته نمایان شده، دارای دقت بالایی نسبت به سایر روش‌ها است. همچنین استفاده از روش‌های هسته مبنا باعث بهبود دقت آشکارسازی تغییرات می‌شود. مدل استاندارد نگارنده زاویه طیفی دارای دقت کلی ۶۸٪ است و این در حالی است که استفاده از روش‌های هسته مبنا باعث بهتر شده نتایج شده و دقت کلی به بالای ۹۴٪ رسیده است. همچنین نرخ هشدارهای اشتباه کلی کمتر شده و از ۳۱٪ به ۵٪ رسیده است. هردوی تحلیل بصری و کمی نشان‌دهنده عملکرد بسیار خوب روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌ها را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

جدول ۴: تحلیل کمی روش پیشنهادی و دیگر روش‌های متداول

روش آشکارسازی تغییرات	دقت کلی(٪)	شاخص کاپا	نرخ هشدار اشتباه کلی(٪)
نگارنده زوایه طیفی استاندارد	۶۸٫۳۸۱۷	۰٫۳۰۹	۳۱٫۶۱
روش پیشنهادی با هسته پایه شعاعی	**۹۴٫۴۱۱۳**	**۰٫۸۳۹۱**	**۵٫۵۷**
روش پیشنهادی با هسته چندجمله‌ای	۸۷٫۸۸۹	۰٫۶۶۰	۱۰٫۱۲
روش پیشنهادی با هسته خطی	۸۹٫۷۳۵	۰٫۶۵۴	۱۰٫۲۶
شناسایی تغیرات چند متغییره با وزندهی تکراری	۸۳٫۸۵۳	۰٫۳۰۴	۱۶٫۱۴۷
تحلیل بردار تغییرات فشرده	۸۴٫۵۷۵	۰٫۴۱۹	۱۵٫۴۲
شناسایی تغییرات مبتنی بر زیرفضا	۷۷٫۸۵۵	۰٫۴۰۰	۲۲٫۱۴۵

۵- نتیجه‌گیری

زمین همواره تحت تأثیر یکسری از فعالیت‌های طبیعی و مصنوعی دستخوش یکسری از تغییرات می‌شود. به‌منظور مدیریت بهینه استفاده از منابع و جلوگیری از وقوع فاجعه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی آگاهی از این تغییرات امری ضروری است که این امر با آشکارسازی تغییرات انجام می‌گیرد. اما مهم‌ترین ملاک در آشکارسازی تغییرات تشخیص به هنگام و دقیق این تغییرات است. استفاده از روش‌های هسته مبنا در آشکارسازی تغییرات باعث بهبود قابل توجه نتایج می‌گردد. در قسمت مقدمه این پژوهش به چالش‌های موجود در آشکارسازی تغییرات با تصاویر ابرطیفی اشاره کردیم. به‌منظور مرتفع نمودن چالش‌های موجود در این پژوهش یک روش خودکار آشکارسازی تغییرات به کمک تصاویر فراطیفی ارائه شد که این روش نسبت به مدل استاندارد آن دارای یکسری ویژگی‌ها است، این ویژگی‌ها شامل (۱) خودکار بودن و عدم نیاز به هرگونه داده آموزشی از سوی کاربر، (۲) پتانسیل و دقت بالای روش پیشنهادی در کشف تغییرات به‌طوری‌که قابلیت تشخیص تغییرات جزئی را شامل است، (۳) عدم نیاز به هرگونه تنظیم پارامتر و دانش قبلی، (۴) نرخ کم هشدارهای اشتباه روش پیشنهادی، و (۵) دقت بالای روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌های متداول می‌باشد.

مراجع

[1] A. R. John and J. Xiuping, “Remote Sensing Digital Image Analysis,” N. Y. Springer-Verl. Berl. Heidelb., p. 55, 2006.

[2] H. Grahn and P. Geladi, Techniques and applications of hyperspectral image analysis. John Wiley & Sons, 2007.

[3] D. Landgrebe, “Hyperspectral image data analysis,” IEEE Signal Process. Mag., vol. 19, no. 1, pp. 17–28, 2002.

[4] M. T. Eismann, “Hyperspectral remote sensing,” 2012.

[5] R. B. Smith, “Introduction to hyperspectral imaging,” Microimages Retrieved June, vol. 30, p. 2008, 2006.

[6] A. Singh, “Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data,” Int. J. Remote Sens., vol. 10, no. 6, pp. 989–1003, 1989.

[7] P. R. Coppin and M. E. Bauer, “Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery,” Remote Sens. Rev., vol. 13, no. 3–4, pp. 207–234, 1996.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

[8] M. Goswami and M. V. Khire, "Land Use and Land Cover Change Detection for Urban Sprawl Analysis of Ahmedabad City using Multitemporal Landsat Data," Int. J. Adv. Remote Sens. GIS, p. pp–1670, 2016.

[9] L. Ma et al., "Object-Based Change Detection in Urban Areas: The Effects of Segmentation Strategy, Scale, and Feature Space on Unsupervised Methods," Remote Sens., vol. 8, no. 9, p. 761, 2016.

[10] S. Touati, M. Naylor, and I. Main, "Detection of change points in underlying earthquake rates, with application to global mega-earthquakes," Geophys. J. Int., vol. 204, no. 2, pp. 753–767, 2016.

[11] X. Chen, L. Vierling, and D. Deering, "A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time," Remote Sens. Environ., vol. 98, no. 1, pp. 63–79, 2005.

[12] M. Hussain, D. Chen, A. Cheng, H. Wei, and D. Stanley, "Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches," ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., vol. 80, pp. 91–106, 2013.

[13] R. Garrard, T. Kohler, M. F. Price, A. C. Byers, A. R. Sherpa, and G. R. Maharjan, "Land Use and Land Cover Change in Sagarmatha National Park, a World Heritage Site in the Himalayas of Eastern Nepal," Mt. Res. Dev., vol. 36, no. 3, pp. 299–310, 2016.

[14] G. Gutman and V. Radeloff, Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991. Springer, 2016.

[15] A. Popp et al., "Land-use futures in the shared socio-economic pathways," Glob. Environ. Change, 2016.

[16] K. Saez de Bikuña, M. Z. Hauschild, K. Pilegaard, and A. Ibrom, "Environmental performance of gasified willow from different lands including land-use changes," GCB Bioenergy, 2016.

[17] E. Ustaoglu, C. P. Castillo, C. Jacobs-Crisioni, and C. Lavalle, "Economic evaluation of agricultural land to assess land use changes," Land Use Policy, vol. 56, pp. 125–146, 2016.

[18] F. Bovolo, S. Marchesi, and L. Bruzzone, "A framework for automatic and unsupervised detection of multiple changes in multitemporal images," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 50, no. 6, pp. 2196–2212, 2012.

[19] C. Wu, L. Zhang, and B. Du, "Targeted change detection for stacked multi-temporal hyperspectral image," in Hyperspectral Image and Signal Processing (WHISPERS), 2012 4th Workshop on, 2012, pp. 1–4.

[20] C. Wu, B. Du, and L. Zhang, "A subspace-based change detection method for hyperspectral images," IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens., vol. 6, no. 2, pp. 815–830, 2013.

[21] Y. Yuan, H. Lv, and X. Lu, "Semi-supervised change detection method for multi-temporal hyperspectral images," Neurocomputing, vol. 148, pp. 363–375, 2015.

[22] A. Ertürk and A. Plaza, "Informative change detection by unmixing for hyperspectral images," IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 12, no. 6, pp. 1252–1256, 2015.

[23] S. Liu, L. Bruzzone, F. Bovolo, and P. Du, "Unsupervised multitemporal spectral unmixing for detecting multiple changes in hyperspectral images," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 54, no. 5, pp. 2733–2748, 2016.

[24] R. Shah-Hosseini, S. Homayouni, and A. Safari, "A hybrid kernel-based change detection method for remotely sensed data in a similarity space," Remote Sens., vol. 7, no. 10, pp. 12829–12858, 2015.

[25] G. Camps-Valls, "A Note on the Kernel Spectral Angle Mapper," Electron. Lett., 2016.

[26] X. Liu and C. Yang, "A kernel spectral angle mapper algorithm for remote sensing image classification," in Image and Signal

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

Processing (CISP), 2013 6th International Congress on, 2013, vol. 2, pp. 814–818.

[27] A. Chen, H. Zhao, and Z. Pei, "Is Time Series Smoothing Function Necessary for Crop Mapping?—Evidence from Spectral Angle Mapper After Empirical Analysis," in Computer and Computing Technologies in Agriculture IX: 9th IFIP WG 5.14 International Conference, CCTA 2015, Beijing, China, September 27-30, 2015, Revised Selected Papers, Part I, 2016, pp. 335–347.

[28] E. Hasan, T. Fagin, Z. El Alfy, and Y. Hong, "Spectral Angle Mapper and aeromagnetic data integration for gold-associated alteration zone mapping: a case study for the Central Eastern Desert Egypt," Int. J. Remote Sens., vol. 37, no. 8, pp. 1762–1776, 2016.

[29] H. Zhuang, K. Deng, H. Fan, and M. Yu, "Strategies Combining Spectral Angle Mapper and Change Vector Analysis to Unsupervised Change Detection in Multispectral Images," IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 13, no. 5, pp. 681–685, 2016.

[30] G. Camps-Valls, L. Bruzzone, and others, Kernel methods for remote sensing data analysis, vol. 2. Wiley Online Library, 2009.

[31] M. Fauvel, J. Chanussot, and J. A. Benediktsson, "Evaluation of kernels for multiclass classification of hyperspectral remote sensing data," in 2006 IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing Proceedings, 2006, vol. 2, pp. II–II.

[32] M. Fauvel, J. Chanussot, and J. A. Benediktsson, "A spatial–spectral kernel-based approach for the classification of remote-sensing images," Pattern Recognit., vol. 45, no. 1, pp. 381–392, 2012.

[33] M. A. Mahjoub and others, "Image segmentation by adaptive distance based on EM algorithm," ArXiv Prepr. ArXiv12041629, 2012.

[34] B. Datt, T. R. McVicar, T. G. Van Niel, D. L. Jupp, and J. S. Pearlman, "Preprocessing EO-1 Hyperion hyperspectral data to support the application of agricultural indexes," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 41, no. 6, pp. 1246–1259, 2003.

[35] D. Scheffler and P. Karrasch, "Preprocessing of hyperspectral images: A comparative study of destriping algorithms for EO1-Hyperion," in SPIE Remote Sensing, 2013, p. 88920H–88920H.

[36] H. Li, D. Zhang, Y. Zhang, and Y. Xu, "Research of image preprocessing methods for EO-1 Hyperion hyperspectral data in tidal flat area," Geoinformatics, p. 71471G–71471G, 2008.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.6, No.1, Spring 2018

Improving Land Cover Change Detection using Kernel Spectral Angle Mapper Approach in Hyperspectral Images

Mehdi Hasanlou[*1], Seyed Teimoor Seydi [2], Abdoreza Seydi [3]

1- Assistant professor in School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran
2- Ms.c student of Remote Sensing in School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran
3- Ms.c of Computer Science in University PayamNoor Gorgan

Abstract

Increasing the population and urban development is one of the most important human actions that cause changes on the face of the earth, especially in the developing countries, which is more. This process can cause devastating effects such as social, economic and biophysical. The harmful effects include; loss of agriculture lands, pasture and forest, change the pattern of the water, which somehow is associated with the changing patterns of land use and land cover. Land use and land cover changes as a basic factor in the changes of the Environment Act and converted into crisis. Identifying and evaluating the potential land-use patterns is essential, that if done on timely and with the high precision, it can help the planners and managers of relevant organizations for more conscious decision and making optimum use of resources in order to prevent the crisis. That would only be possible with the change detection. The hyperspectral images, due to having high spectral resolution, improved results of changes detection, provide more details of the changes. The main purpose of this research is to improve the process of land-use changes detection using spectral angle mapper algorithm, expectation maximization based on kernel based with hyperspectral imagery. The most important advantage of this method are as follow: unsupervised, no need to setting parameters of the knowledge basis, high precision and low false alarms rate. To evaluate the ability of the proposed method, hyperspectral imagery received from agricultural fields of Hermiston in the United States that captured by Hyperion sensors were used. The results are a significant improvement with the use of the proposed method for change detection in the standard spectral angle-mapping model compared to the top so that the overall accuracy is 94%, the coefficient Kappa 0.84 and false alarm rates of less than 6%.

Key words:. Change Detection, Spectral Angle Mapper, Kernel Based, Hyperspectral Images, Expectation-Maximization Segmentation, Land Cover. Logistic Regression

Correspondence Address: School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
Tel: +982161114525
Email : hasanlou@ut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.101]