نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال هفتم، شماره نخست، بهار ۱۳۹۸

Vol.7, No.1, Spring 2019

۷۳-۸۹

مقاله پژوهشی

این مقاله در دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی به‌عنوان مقاله برگزیده انتخاب شده است که پس از تکمیل، داوری مجدد و اخذ پذیرش در این شماره از نشریه به چاپ می‌رسد.

آشکارسازی تغییرات در تصاویر ماهواره‌ای براساس آستانه‌گذاری نامتقارن بهینه تصویر اختلاف

فهیمه یوسفی[۱*]، محمدجواد ولدان‌زوج[۲]، مجتبی جنتی[۳]

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

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

۳- دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۱

چکیده

آشکارسازی تغییرات به عنوان فرآیندی جهت تشخیص تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه، یکی از موضوعات کاربردی سنجش‌ازدور می‌باشد. هرگونه پیشرفت در این زمینه ضمن افزایش صحت نتایج، می‌تواند سبب تسهیل و تسریع در تحلیل‌داده‌های چندزمانه و کاهش هزینه تولید اطلاعات مکانی شود. در این پژوهش، یک روش نظارت‌نشده آشکارسازی تغییرات، با بکارگیری شاخص‌های کیفیت تصویر شامل ضریب همبستگی و اعوجاج طیفی، رادیومتریکی و تباین پیکسل‌ها در تصاویر چندزمانه پیشنهاد شده است. به منظور محاسبه این شاخص‌ها، از یک ماسک باینری که تصویر را به دو کلاس تغییریافته و تغییرنیافته تقسیم می‌کند، استفاده می‌شود. در این پژوهش، به منظور تولید این ماسک، از حدآستانه گذاری نامتقارن تصویر اختلاف علامت‌دار استفاده شده و یک الگوریتم تکراری برای یافتن مقادیر بهینه حدآستانه، به منظور تولید ماسک تغییرات بهینه پیشنهاد شده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از افزایش ۵ درصدی استفاده از دو حدآستانه نامتقارن در تصویر اختلاف نسبت به استفاده از یک حدآستانه در تصویر قدرمطلق اختلاف می‌باشد. روش پیشنهادی حساسیت اندکی نسبت به تغییرات رادیومتریکی کلی تصاویرچندزمانه دارد. از سوی دیگر به‌دلیل استفاده از روش بهینه‌سازی حدآستانه، این روش نسبت به استفاده از روش بهینه‌سازی ماسک‌های تصادفی دارای هزینه محاسباتی بسیار کمتر خواهد بود. در مقایسه با روش‌های تعیین حدآستانه اوتسو و فیشر، روش پیشنهادی به ترتیب دارای افزایش دقت ۲۴ و ۲۱ درصدی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آشکارسازی تغییرات، تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه، برچسب‌گذاری، حدآستانه‌گذاری، ماسک تغییرات.

نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولیعصر،بالاتر از میدان ونک، تقاطع میرداماد، دانشکده مهندسی نقشه برداری

تلفن: ۰۲۱۸۸۸۷۷۰۷۱

Email: Fahimeh.y@gmail.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]

[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

۱- مقدمه

شناسایی تغییرات، فرآیند شناسایی اختلاف در یک شئ یا پدیده با استفاده از مشاهده این پدیده در زمان‌های مختلف می‌باشد [۲]. به هنگام بودن و دقت بالای شناسایی تغییرات از عوارض سطح زمین باعث فهم بهتر در ارتباط و تعامل بین انسان و پدیده‌های طبیعی می‌شود وکمک شایانی به‌مدیریت و استفاده از منابع خواهد داشت. به دلیل ماهیت تکرارشونده، دید اجمالی و قالب رقومی مناسب برای پردازش تصویر در سیستم‌های کامپیوتری، تصاویر ماهواره‌ای بهترین منبع داده برای بررسی تغییرات در سطح زمین می‌باشند [۳]. برخی از کاربردهای شناسایی تغییرات شامل بررسی و تعیین میزان تغییرات کاربری و پوشش‌های زمینی [۴]، تغییرات گیاهان و جنگل‌ها [۵]، تغییرشکل و ثبت وقایع [۶]، تغییرات پیکره‌های آبی [۷]، آتش‌سوزی جنگل‌ها [۸] و تغییرات شهری و محیطی [۹] می‌باشد. به علت اهمیت پایش تغییرات سطح زمین، شناسایی تغییرات یک موضوع تحقیقاتی پرکاربرد و فعال است.

در چندین مطالعه مروری، تکنیک‌های شناسایی تغییرات معرفی شده و از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از آن جمله می‌توان به دیر[1] [۱۱]، کوپین[2] و همکاران [۱۰] و حسین[3] و همکاران [۳] ، اشاره نمود. هریک از این محققین، از جنبه‌های مختلف به دسته‌بندی و معرفی تکنیک‌های شناسایی تغییرات پرداخته‌اند، اگرچه اکثراً دو دسته تکنیک‌های پس از طبقه‌بندی و قبل از طبقه‌بندی را برای دسته‌بندی کلی تکنیک‌های شناسایی تغییرات ارائه نموده‌اند [۱۱]. صادقی [۱] تکنیک‌های شناسایی تغییرات را در چهار دیدگاه سطح اتوماسیون، داده‌های پایه مورد استفاده، واحد محاسباتی پایه و ویژگی‌های مورد استفاده تقسیم‌بندی نموده است. لو[4] و همکاران [۱۲] و حسین و همکاران [۳] این تکنیک‌ها را به طور نسبتا مشابه به چند دسته کلی دسته‌بندی نموده و قابلیت‌ها و نقاط ضعف این تکنیک‌ها را بررسی نموده است. یکی از این دسته روش‌ها، روش‌های جبری است که در آنها دو تصویر که تمامی پیش‌پردازش‌ها بر روی آنها اعمال شده است به‌صورت پیکسل به پیکسل با هم مقایسه شده و تصویر اختلاف تولید می‌شود. روش‌های موجود در این شاخه شامل تصویر تفاضل، رگرسیون تصویر، تصویر نسبت، تصویر اختلاف شاخص گیاهی، آنالیز بردار تغییرات و تفریق پس‌زمینه می‌باشد. این روش‌ها سریع و آسان بوده اما مشکل اصلی روش‌های جبری نیاز آنها به‌تعریف حدآستانه مناسب، ناتوانی در تولید ماتریس جزییات تغییرات و همچنین حساسیت این روش‌ها به دقت تصحیحات رادیومتریکی و هندسی مرحله پیش‌پردازش می‌باشد [۳ و ۱۲].

دسته دیگر روش‌ها، تبدیلات است که از مزایای این دسته از روش‌ها می‌توان به کاهش افزونگی داده‌ها بین باندها و تاکید بر اطلاعات اختلاف از مولفه‌های مشتق‌شده اشاره نمود. از معایب این روش‌ها می‌توان به‌عدم تولید ماتریس جزییات تغییرات و نیازمندی این روش‌ها به حدآستانه‌گذاری به‌منظور مشخص نمودن مناطق تغییریافته اشاره کرد [۱۲،۳ و ۱۶]. روش‌های طبقه‌بندی شامل مقایسه پس از طبقه‌بندی[5]، آنالیز ترکیبی طیفی – زمانی[6]، الگوریتم بیشینه امید ریاضی شناسایی تغییرات، شناسایی تغییرات بدون‌نظارت می‌باشد. این روش‌ها بر پایه تصاویر طبقه‌بندی شده می‌باشد. قطعاً کیفیت و کمیت نمونه‌های آموزشی بر روی کیفیت نتایج طبقه‌بندی اثرگذار خواهد بود. بزرگترین

[1] Deer
[2] Coppin
[3] Hussain
[4] Lu
[5] Post-classification comparison
[6] Spectral-temporal combined analysis

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

مزیت این روش‌ها توانایی تولیدیک ماتریس اطلاعات تغییرات، کاهش اثرات خارجی اتمسفر و اختلافات محیطی بین تصاویر چندزمانه می‌باشد. از معایب این دسته روش‌ها می‌توان به وابسته بودن دقت نتایج به کیفیت داده‌های آموزشی اشاره کرد. این موضوع مخصوصاً در مورد داده‌های قدیمی بیشتر مطرح خواهد بود [۳ و ۱۲]. در دسته روش‌های پیشرفته تکنیک‌هایی از جمله مدل بازتاب لی-استراهلر[1]، آنالیز ترکیب طیفی چندزمانه[2]، منطق فازی[3]، مدل‌های تعیین پارامتر بیوفیزیکی[4] ، تلفیق داده‌های چند سنجنده‌ای[5] و آنالیز بافت[6] و محاسبات‌نرم[7] [۲۱] برای شناسایی تغییرات ارائه شده است. معایب این دسته روش‌ها، زمان‌بر بودن و همچنین پردازش‌های مشکل آنها برای طراحی یک مدل، به‌نحوی که این مدل بتواند پارامترهای بیوفیزیکی را ایجاد نماید، می‌باشد [۳ و ۱۲].

در سال‌های اخیر روش‌های نوین دیگری در مجموعه روش‌های پیشرفته ارائه شده است. به‌عنوان مثال، روشی بر پایه بکارگیری توصیفگرهای محلی به‌منظور کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا ارائه شده است. از مزایای این روش می‌توان به‌عدم نیاز به هم‌مرجع‌سازی دو تصویر و همچنین قابلیت شناسایی تغییرات از تصاویر اخذ شده از سنجنده‌های مختلف و زوایای مختلف اشاره نمود [۲۰]. در روش‌های شئ مبنا نخستین گام به‌منظور آشکارسازی تغییرات، استخراج اشیاء تصویری است که به وسیله قطعه‌بندی یا لایه‌بندی تصاویر به‌دست می‌آید و با استفاده از اطلاعات بیرونی به محدوده قسمت‌های مشابه اعمال می‌شود. این اشیاء تصویری به‌عنوان واحد پایه برای پیشرفت استراتژی آشکارسازی تغییرات استفاده می‌شوند. از مزایای این دسته روش‌ها می‌توان به استفاده از ویژگی‌های بافت، شکل و همبستگی مکانی با اشیا همسایه، مقایسه مستقیم اشیا به‌دلیل یکسان بودن مشخصات هندسی اشیا تصویر در دو زمان مختلف و تلفیق آسان با سامانه اطلاعات مکانی اشاره داشت[۲۲ و ۲۳] . اما به‌دلیل اینکه قطعه‌بندی و طبقه‌بندی از گام‌های اصلی این روش محسوب می‌شود، دقت این دسته از روش‌ها وابسته به دقت این دو گام خواهد بود [۲۴].

همان‌طور که از این تحقیقات نتیجه می‌شود، یکی از ساده‌ترین و سریعترین روش‌ها استفاده از تصویر اختلاف است که البته باید اذعان داشت این روش به‌دلیل حساسیت بالا به پیش‌پردازش‌های لازم به‌منظور کمینه کردن اختلاف شرایط هندسی و رادیومتریکی تصاویر چندزمانه و همچنین نحوه حدآستانه‌گذاری، دارای نقاط ضعف زیادی خواهد بود. موضوع حدآستانه‌گذاری به‌عنوان یک عامل کلیدی، در اکثر روش‌های ذکر شده می‌باشد و همان‌طور که در عوامل موثر بر دقت نتایج ذکر شد، تعریف درست حدآستانه می‌تواند تاثیر به سزایی بر روی دقت نهایی شناسایی تغییرات داشته باشد. استفاده از حدآستانه‌های صحیح و بهینه بر روی یک تصویر اختلاف باعث طبقه‌بندی صحیح‌تری به‌منظور شناسایی تغییرات می‌شود، به‌نحوی که انتظار می‌رود با حدآستانه‌گذاری مناسب بر روی تصویر اختلاف، دقت نتایج بهبود یابد.

هدف از انجام این پژوهش ارائه روشی به‌منظور افزایش دقت طبقه‌بندی تصویر اختلاف علامت‌دار به دو منطقه تغییریافته و تغییرنیافته، با استفاده از تعریف دوحدآستانه نامتقارن در دو بازه مقادیر مثبت و منفی می‌باشد. از سوی دیگر به دلیل استفاده از روش بهینه‌سازی حدآستانه، این روش نسبت به استفاده از روش بهینه‌سازی ماسک‌های تصادفی دارای هزینه محاسباتی بسیار کمتر خواهد بود. در این راستا با استفاده از تولید تصویر اختلاف علامت‌دار از تصاویر

[1] Li-Strahler reflectance model
[2] Multi-temporal spectral mixture analysis
[3] Fuzzy logic
[4] Biophysical parameter method
[5] Multi-sensor data fusion
[6] Texture analysis
[7] Soft computing

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

ماهواره‌ای چندزمانه و یافتن حدآستانه‌های بهینه در هر باند و به‌کارگیری کمینه تابع هزینه کلی، بهترین تصاویر برچسب‌گذاری شده در تمامی باندهای تصویر به‌دست آمده است. در نهایت پس از تلفیق نتایج تصویر برچسب‌گذاری شده هر باند و تولید تصویر نهایی برچسب‌گذاری شده تغییرات، این تصویر با تصویر واقعیت زمینی مورد ارزیابی قرار گرفته است. به‌منظور مقایسه دقت روش پیشنهادی، این روش با روش‌های حدآستانه‌گذاری اوتسو[1] و فیشر [2]مقایسه گردیده است.

سایر بخش‌های مقاله به‌صورت زیر سازماندهی شده است. در بخش دوم، روش پیشنهادی مطرح گردیده است. در بخش سوم منطقه مورد مطالعه معرفی شده و در بخش چهارم به پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج روش پیشنهادی پرداخته است. در بخش پنجم پس از جمع‌بندی نتایج تحقیق، پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی مطرح گردیده است.

۲- روش پیشنهادی

با فرض اینکه I_1 و I_2 به ترتیب دو تصویر هم‌مرجع با ابعاد m×n×b است، به‌نحوی که m تعداد سطرها، n تعداد ستون‌ها و b تعداد باندهای دو تصویر بوده و تمام تصحیحات رادیومتریکی لازم بر روی این دو تصویر انجام شده باشد، تصویر اختلاف علامت‌دار با استفاده از رابطه (۱) قابل محاسبه خواهد بود.

$$D(x) = I_1 - I_2 \quad \text{.....(۱)رابطه}$$

در روش‌های شناسایی تغییرات بر پایه تفریق جبری تصاویر چندزمانه، مرسوم است که از عملگر قدرمطلق به‌منظور تبدیل مقادیر منفی به مثبت، با فرض قرینه بودن هیستوگرام تصویر اختلاف و تعریف یک حدآستانه استفاده شود (شکل (۱-الف)). اما نکته‌ای که در این میان مطرح می‌شود این است که همیشه تصویر اختلاف دارای هیستوگرام متقارن نبوده و نامتقارن بودن آن بسیار محتمل است. از این رو پیشنهاد می‌شود به جای استفاده از یک حدآستانه در تصویر قدرمطلق اختلاف، از تصویر اختلاف علامت‌دار به‌همراه تعریف دو حدآستانه، یکی در بازه مقادیر منفی و دیگری در بازه مقادیر مثبت استفاده شود. به نحوی که در مرحله برچسب‌گذاری، بین دو حدآستانه به‌عنوان منطقه تغییرنیافته و خارج از آن دو به‌عنوان منطقه تغییریافته در نظر گرفته شود (شکل (۱-ب)).

بنابراین، با استفاده از فرآیند حدآستانه‌گذاری به‌صورت یک فرآیند تکراری بر روی تصویر اختلاف علامت‌دار، تصاویر ماسک ایجاد می‌شوند. به این منظور، دو حدآستانه، یکی در قسمت مقادیر مثبت و دیگری در قسمت مقادیر منفی با در نظر گرفتن تمامی حالات ممکن اعم از متقارن بودن و نامتقارن بودن، تعریف می‌گردد و مابین دو حدآستانه به‌عنوان منطقه تغییرنیافته و خارج از آن به‌عنوان منطقه تغییریافته در نظر گرفته می‌شود و به این ترتیب تصاویر ماسک تولید می‌گردند.

به‌منظور یافتن حدآستانه بهینه، ماسک‌های تولید شده به همراه تصاویر اول و دوم، توسط تابع هزینه کلی که مجموع سه تابع هزینه F1، F2 و F3 می‌باشد، ارزش‌گذاری می‌شوند (رابطه (۲، ۳ و ۴)). به‌کمک این توابع، با درنظر گرفتن اطلاعات مفهومی اندازه‌گیری شباهت و عدم‌شباهت، در یک فرآیند تکراری برای تمامی حالات ممکن دو حدآستانه محاسبه می‌شود.

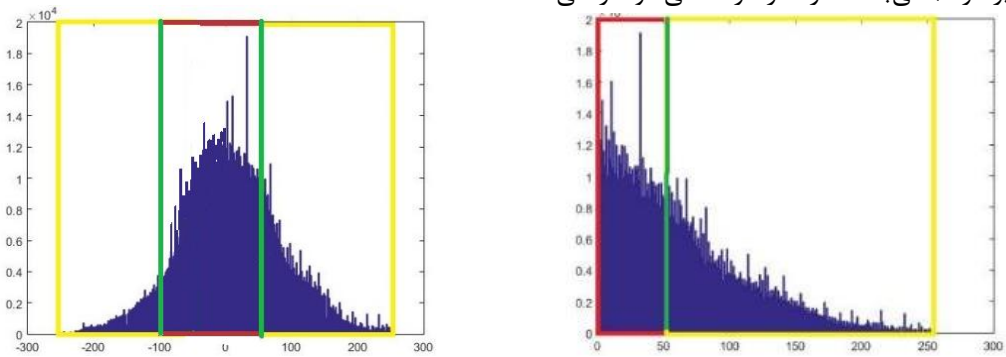
در رابطه (۲، ۳ و ۴)، R_k معادل با ماسک تغییرات به‌ازای K=۰ برای مناطق تغییریافته و K=۱ برای مناطق تغییرنیافته می‌باشد.

در رابطه (۲) از ضریب همبستگی به‌منظور بررسی شباهت و عدم‌شباهت پیکسل‌ها در دو تصویر استفاده شده است. ضریب همبستگی در بازه [۱،۱-] قرار دارد که در اینجا به منظور تطابق بهتر با ماسک باینری، این بازه در فاصله [۰،۱] نرمال شده است [۱۳]. مقادیر $\overline{x_{1,R0}}$ و $\overline{x_{2,R0}}$ به ترتیب به عنوان مقادیر میانگین

[1] Otsu
[2] Fisher

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

تصویر اول و تصویر دوم در حالتی که مقدار پیکسل‌های ماسک برابر صفر (منطقه تغییرکرده) می‌باشد، محاسبه می‌شود و $\overline{x_{2,R1}}$ و $\overline{x_{1,R1}}$ نیز به‌طور مشابه در حالتی که مقدار پیکسل‌های ماسک برابر یک (منطقه تغییرنکرده) می‌باشد، در نظر گرفته می‌شود. زمانی که همبستگی بین پیکسل‌های تغییرکرده در تصاویر اول و دوم کم باشد، جمله اول رابطه (۲) مقدار صفر را می‌دهد و جمله دوم رابطه نیز زمانی که همبستگی بین مقادیر پیکسل‌ها در دو تصویر زیاد باشد، صفر می‌شود.



(الف) (ب)

شکل ۱: الف- تعریف یک حدآستانه (سبز رنگ) برای تصویر اختلاف با مقادیر مثبت و تعریف ناحیه قرمز رنگ به‌عنوان منطقه تغییرنیافته و ناحیه زرد رنگ به عنوان منطقه تغییریافته ب- تعریف دو حدآستانه (سبز رنگ) برای تصویر اختلاف با مقادیر مثبت و منفی و تعریف ناحیه قرمز رنگ به‌عنوان منطقه تغییرنیافته و دو ناحیه زرد رنگ به عنوان منطقه تغییریافته

رابطه (۲)

$$F1=\left[\frac{1}{2}\left(1+\frac{\sum_{\forall(i,j)\in R_0}\left(x_1(i,j)-\overline{x_{1,R0}}\right)\left(x_2(i,j)-\overline{x_{2,R0}}\right)}{\sqrt{\sum_{\forall(i,j)\in R_0}\left(x_1(i,j)-\overline{x_{1,R0}}\right)^2\sum_{\forall(i,j)\in R_0}\left(x_2(i,j)-\overline{x_{2,R0}}\right)^2}}\right)\right]+\left[1-\frac{1}{2}\left(1+\frac{\sum_{\forall(i,j)\in R_1}\left(x_1(i,j)-\overline{x_{1,R1}}\right)\left(x_2(i,j)-\overline{x_{2,R1}}\right)}{\sqrt{\sum_{\forall(i,j)\in R_1}\left(x_1(i,j)-\overline{x_{1,R1}}\right)^2\sum_{\forall(i,j)\in R_1}\left(x_2(i,j)-\overline{x_{2,R1}}\right)^2}}\right)\right].$$

در نتیجه این تابع هزینه زمانی که همبستگی بین پیکسل‌های مناطق تغییریافته کمینه، و همبستگی بین پیکسل‌های مناطق تغییرنیافته بیشینه باشد، کمینه می‌گردد. عوجاج طیفی بین تصویر اول و دوم در مناطق تغییریافته زیاد، و در مناطق تغییرنکرده کم است. از این رو تصویرکننده زاویه طیفی[1] به‌منظور اندازه‌گیری اعوجاج طیفی بین تصاویر ورودی به‌کار گرفته می‌شود (رابطه (۳)).

نتایج عددی به‌دست آمده از تصویرکننده زاویه طیفی در بازه [۰،π] خواهد بود، که در این بازه مقدار صفر نمایانگر عدم‌اعوجاج طیفی است. در روش ارائه شده به‌منظور تطابق بهتر با ماسک باینری، این بازه در فاصله [۰،۱] نرمال شده است. رابطه (۳) زمانی کمینه می‌شود که اعوجاج طیفی بین تصاویر اول و دوم در مناطق تغییریافته بیشینه، و در مناطق تغییرنیافته کمینه گردد [۱۴].

شاخص سراسری کیفیت تصویر[2] برای تعریف تابع هزینه رابطه (۴) به‌کارگرفته شده است. این شاخص، اختلاف بین دو تصویر را به‌صورت یک ترکیب از سه فاکتور مختلف مدلسازی می‌کند. این فاکتورها شامل از دست دادن همبستگی[3]، اعوجاج رادیومتریک[4] و اعوجاج تباین[5] می‌باشد.

[1] Spectral Angle Mapper (SAM)

[2] Universal Image Quality index (UIQ)
[3] Loss of correlation
[4] Radiometric distortion
[5] Contrast distortion

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

رابطه (۳)
$$F2 = \left[1 - \frac{1}{\pi}\arccos\left(\frac{\sum_{\forall(i,j)\in R_0} x_1(i,j)x_2(i,j)}{\sqrt{\sum_{\forall(i,j)\in R0} x_1(i,j)^2}\sqrt{\sum_{\forall(i,j)\in R0} x_2(i,j)^2}}\right)\right] + \left[\frac{1}{\pi}\arccos\left(\frac{\sum_{\forall(i,j)\in R1} x_1(i,j)x_2(i,j)}{\sqrt{\sum_{\forall(i,j)\in R1} x_1(i,j)^2}\sqrt{\sum_{\forall(i,j)\in R1} x_2(i,j)^2}}\right)\right]$$

رابطه (۴)
$$F3 = \left[1 - \frac{1}{2}\left(1 + \frac{4\sigma_{x_1,x_2,R_0}\,\overline{x_{1,R_0}}\,\overline{x_{2,R_0}}}{\left(\sigma^2_{x_1,R_0}+\sigma^2_{x_2,R_0}\right)\left(\left(\overline{x_{1,R0}}\right)^2+\left(\overline{x_{2,R0}}\right)^2\right)}\right)\right] + \left[\frac{1}{2}\left(1 + \frac{4\sigma_{x_1,x_2,R1}\,\overline{x_{1,R1}}\,\overline{x_{2,R1}}}{\left(\sigma^2_{x_1,R1}+\sigma^2_{x_2,R1}\right)\left(\left(\overline{x_{1,R1}}\right)^2+\left(\overline{x_{2,R1}}\right)^2\right)}\right)\right].$$

به‌طوری که در رابطه (۴) به ازای $k \in \{۰,۱\}$ رابطه (۵، ۶، ۷ و ۸) به قرار زیر می‌باشند:

رابطه (۵)
$$N_k = \sum_{\forall(i,j)\in R_k} 1, \overline{x_{1,R_k}} = \frac{1}{N_k}\sum_{\forall(i,j)\in R_k} x_1(i,j), \overline{x_{2,R_k}} = \frac{1}{N_k}\sum_{\forall(i,j)\in R_k} x_2(i,j)$$

رابطه (۶)
$$\sigma^2_{x_1,R_k} = \frac{1}{N_k-1}\sum_{\forall(i,j)\in R_k}\left(x_1(i,j) - \overline{x_{1,R_k}}\right)^2$$

رابطه (۷)
$$\sigma^2_{x_2,R_k} = \frac{1}{N_k-1}\sum_{\forall(i,j)\in R_k}\left(x_2(i,j) - \overline{x_{2,R_k}}\right)^2$$

رابطه (۸)
$$\sigma_{x_1,x_2,R_k} = \frac{1}{N_k-1}\sum_{\forall(i,j)\in R_k}\left(x_1(i,j) - \overline{x_{1,R_k}}\right)\left(x_2(i,j) - \overline{x_{2,R_k}}\right)$$

محدوده دینامیکی شاخص سراسری کیفیت تصویر [۱،۱-] می‌باشد. که در این رابطه اگر دو تصویر یکسان باشند، شباهت آنها معادل یک و در غیر این صورت معادل منفی یک خواهد بود. در روش ارائه شده به‌منظور تطابق بهتر با ماسک باینری، این بازه در فاصله [۰،۱] نرمال شده است. در رابطه (۴)، جمله اول زمانی صفر می‌شود که منطقه تغییرکرده باشد و جمله دوم زمانی صفر می‌گردد که منطقه تغییرنکرده باشد [۱۵].

در نهایت به‌منظور بررسی کلی روش، هر سه تابع هزینه موجود در غالب یک تابع هزینه کلی و با وزن یکسان برای هر معادله، جمع می‌گردند. از این رو، بیشترین و کمترین مقادیر درجات خاکستری در تصویر اختلاف علامت‌دار را در نظر گرفته و به تعداد این اختلاف، دو حدآستانه یکی در مقادیر مثبت و دیگری در مقادیر منفی تعریف می‌شود. این تعداد برابر N حالت خواهد بود (رابطه (۹)).

رابطه (۹)
$$\boldsymbol{N = (U - L)^2}$$

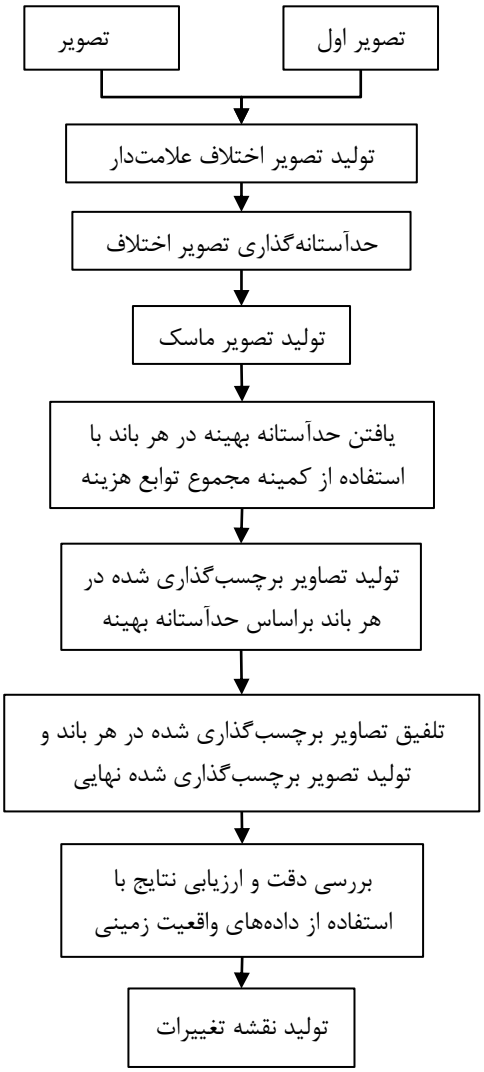
که در این رابطه U و L به ترتیب برابر بیشترین مقدار درجه خاکستری در مقادیر مثبت و کمترین مقدار درجه خاکستری در مقادیر منفی تصویر اختلاف علامت‌دار می‌باشند. با اعمال حدآستانه‌ها در N حالت مختلف بر روی تصویر اختلاف علامت‌دار، تعداد N ماسک تغییرات ایجاد می‌شود. هر ماسک تولید شده با استفاده از تصاویر اول، دوم و تابع هزینه کلی ارزش‌دهی شده و دو حدآستانه‌ای که کمترین تابع هزینه را داشته باشد، به عنوان حدآستانه بهینه در نظر گرفته می‌شود. سپس با استفاده از این دو حدآستانه بهینه، تصویر برچسب‌گذاری شده تولید می‌شود. در صورتی که تصاویر ورودی دارای چند باند باشند، تمامی مراحل فوق بر روی هر باند انجام می‌گیرد و در نهایت از تلفیق تصاویر برچسب‌گذاری شده در هر باند، نقشه نهایی تغییرات ایجاد می‌گردد. در نهایت، نقشه تغییرات ایجادشده با استفاده از نقشه واقعیت زمینی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و میزان دقت روش پیشنهادی مشخص می‌گردد (رابطه (۱۰)).

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

رابطه (۱۰)

$$\text{دقت نهایی در باند } n = \frac{\text{مجموع تعداد پیکسل‌هایی که به طور مشترک در تصویر اختلاف باند } n \text{ و داده‌های واقعیت زمینی تغییر کرده یا تغییر نکرده‌اند}}{\text{تعداد کل پیکسل‌های داده واقعیت زمینی}}$$

به‌منظور حذف تعدادی از نویزها تصادفی در تصویر نهایی تغییرات، از فیلتر اکثریت نیز استفاده شده است و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۲) فلوچارت روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

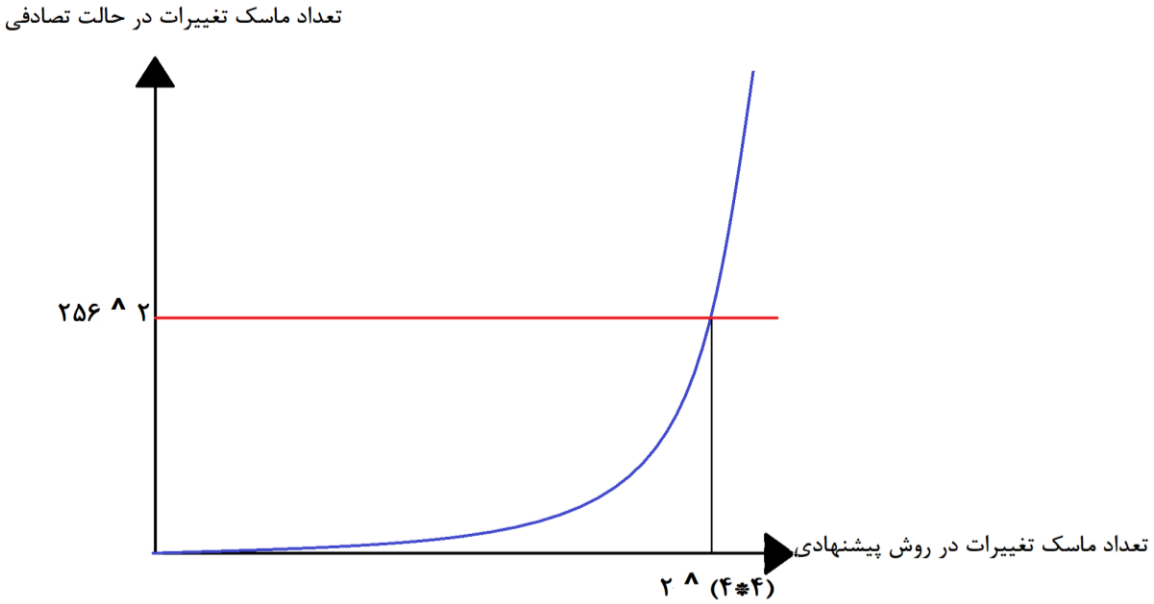


شکل ۲: فلوچارت روش پیشنهادی

موضوعی که در انتها باید خاطرنشان نمود این است که اگر قرار به استفاده از ماسک تغییرات به‌صورت تصادفی و با دامنه جستجوی سراسری باشد، لازم است تا به تعداد $۲^{m\times n}$ تعداد تکرار (m و n برابر ابعاد تصویر می‌باشد) حالت مورد بررسی قرار گیرد که این مقدار در تصاویر با ابعاد بزرگ هزینه محاسباتی بالایی خواهد داشت. این در حالی است که در این روش به تعداد $(U-L)^۲$ تعداد تکرار (U و L به ترتیب برابر

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

حد بالای مقادیر تصویر اختلاف و حد پایین مقادیر تصویر اختلاف) که یک مقدار ثابت برای هر تصویر اختلاف خواهد بود، می‌باشد. شکل (۳) نشان می‌دهد که در صورتی که ابعاد تصویر ۴×۴ باشد، تعداد ماسک تغییرات برابر تعداد ماسک روش پیشنهادی، در حالتی که اختلاف حد بالا و پایین مقادیر اختلاف ۲۵۶ در نظر گرفته شود، خواهد بود و با افزایش ابعاد تصویر، هزینه محاسباتی روش‌هایی که از ماسک تغییرات تصادفی با هدف جستجوی سراسری استفاده می‌کنند به‌صورت فزآینده‌ای افزایش می‌یابد.



شکل ۳: مقایسه هزینه محاسباتی روش پیشنهادی و استفاده از ماسک تغییرات به صورت تصادفی با هدف جستجوی سراسری

۳- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، شهرک آزادشهر واقع در ناحیه ۸ از منطقه ۲۲ تهران می‌باشد. دو تصویر اخذشده در این منطقه متعلق به سال ۱۳۸۵ توسط ماهواره کوئیک برد-۲[1] و سال ۱۳۸۹ توسط ماهواره ژئوآی-۱[2] بوده است (شکل (۴)). منطقه ۲۲ شهرداری تهران جدیدترین منطقه شهرداری تهران است که در شمال غرب تهران واقع شده است. این منطقه از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به منطقه ۵ شهرداری تهران، از غرب به محدوده وردآورد شمالی و از جنوب به آزادراه تهران-کرج محدود می‌گردد. منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۷ ثانیه شمالی و ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه و ۲۶ ثانیه شمالی و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳ ثانیه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۵ ثانیه شرقی قرار دارد. ابعاد تصاویر ۶۰۰×۶۰۰ پیکسل می‌باشد. عوارض موجود در منطقه ساختمان، راه، خودروهای سواری و مناطق بایر بوده و عمده تغییرات به‌علت ساخت وسازهای شهری، بیشتر در بخش ساختمان و راه می‌باشد.

[1] Quickbird-2
[2] GeoEye-1

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

(الف) تصویر سال ۱۳۸۵ (ب) تصویر سال ۱۳۸۹

شکل ۴: منطقه مورد مطالعه، در منطقه ۲۲ شهر تهران

۴- نتایج و بحث

پیش‌پردازش‌های انجام شده در این پژوهش شامل تصحیح هندسی و رادیومتریکی می‌باشد، که در ابتدا تصحیح هندسی و سپس تصحیح رادیومتریک انجام شده است. هم‌مرجع‌سازی دو تصویر از قبل انجام و گزارش شده که تصحیح هندسی مذکور با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و انطباق تصاویر با نقشه‌ها صورت پذیرفته است. این فرآیند با استفاده از روش چندجمله‌ای و ۹ نقطه کنترل با معادله درجه اول و روش نمونه‌برداری مجدد نزدیکترین همسایه انجام گرفته است. دقت هندسی به‌دست آمده در این فرآیند به میزان ۰/۵ پیکسل گزارش شده است. از طرف دیگر دو تصویر استفاده شده در این تحقیق از دو منبع سنجش از دوری متفاوت اخذ شده است و هر کدام دارای قدرت تفکیک مکانی مختلف می‌باشند. به همین دلیل قبل از ورود به فرآیند شناسایی تغییرات لازم است از لحاظ اندازه پیکسلی با یکدیگر یکسان شوند. برای این منظور ابتدا اندازه پیکسل‌های تصویر ژئوآی متعلق به سال ۱۳۸۹ با استفاده از الگوریتم نمونه‌برداری مجدد نزدیکترین همسایه از نظر قدرت مکانی با تصویر ماهواره‌ای سنجنده کوئیک‌برد متعلق به سال ۱۳۸۵ یکسان شد. مرحله آخر پیش‌پردازش، شامل تصحیح رادیومتریک می‌باشد. به‌منظور تصحیح رادیومتریک، از روش‌های نرمالیزاسیون نسبی استفاده شده است. یکی از روش‌های متداول نرمالیزاسیون نسبی، الگوریتم تطابق هیستوگرام دو تصویر چندزمانه است. در این روش هیستوگرام تصویر هدف (تصویر سال ۱۳۸۵) با استفاده از هیستوگرام تصویر مرجع (تصویر سال ۱۳۸۹) طوری تغییر داده شد تا ویژگی‌های رادیومتریک دو تصویر مذکور مشابه یکدیگر شده و اختلاف بین درجات خاکستری در این دو تصویر کاهش یابد.

نتایج به‌دست آمده از انتخاب حدآستانه مناسب و برچسب‌گذاری تصویر اختلاف در چهار حالت مورد بررسی قرار گرفت. در دو حالت اول از تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه استفاده شده و در دو حالت دوم، تصویر اختلاف علامت‌دار و تعریف دو حدآستانه در نظر گرفته شده است. جدول (۱) میزان دقت بهترین تصویر برچسب‌گذاری شده در هر باند و شکل (۵) مقایسه

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]

[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

دقت‌های روش‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.
یکی از پرکاربردترین روش‌های حدآستانه‌گذاری، روش اوتسو می‌باشد که جدایی پذیری پیکسل‌های تغییرنیافته و پیکسل‌های تغییریافته را با توجه به واریانس‌های کلاس‌های مربوطه ماکزیمم می‌کند. به‌طوری که حدآستانه بهینه زمانی انتخاب می‌شود که جمع واریانس داخل کلاس‌ها مینیمم شود؛ در واقع این موضوع متناظر با ماکزیمم شدن واریانس بین کلاس‌ها می‌باشد [۱۷]. به منظور بررسی و مقایسه کیفیت روش حدآستانه‌گذاری پیشنهاد شده، روش اوتسو نیز جهت حدآستانه‌گذاری بر روی تصویر قدرمطلق اختلاف اعمال شده است.
یکی دیگر از روش‌های حدآستانه‌گذاری روش فیشر[1] است. تابع تفکیک‌کننده خطی فیشر یک روش طبقه‌بندی است که یک داده فرابعدی را به یک بعد تصویر می‌کند و طبقه‌بندی در یک فضای یک‌بعدی انجام می‌پذیرد. تابع تفکیک‌کننده فیشر، تفکیک بین پیکسل‌های تغییریافته و تغییرنیافته را به‌طور همزمان با کمینه کردن واریانس داخل کلاسی و بیشینه کردن واریانس بین کلاسی انجام می‌دهد [۱۹ و ۱۸].
همان‌طور که از جدول (۱) پیداست، بهبود دقتی در حدود ۵ درصد با درنظر گرفتن مقادیر منفی تصویر اختلاف حاصل شده است. علت این موضوع را می‌توان به‌دلیل نامتقارن بودن حدآستانه‌ها در دو طرف مقدار صفر دانست. البته این موضوع را باید خاطر نشان نمود که بسته میزان عدم تقارن هیستوگرام تصویر اختلاف، بهبود دقت نهایی می‌تواند بیشتر از این مقدار باشد.
استفاده از فیلتر اکثریت[2] به دلیل درنظر گرفتن مقدار درجه خاکستری غالب در کرنل تعریف شده، باعث حذف مقادیر نویزی در تصویر اختلاف می‌شود و این موضوع می‌تواند بهبود جزئی بر روی دقت نهایی داشته باشد؛ که البته میزان این بهبود نیز بستگی زیادی به میزان نویز تصادفی در تصاویر چندزمانه ورودی خواهد داشت.
از مقایسه دقت نهایی روش پیشنهادی با روش اوتسو مشخص می‌شود که روش ارائه شده با توجه به استفاده از توابع شایستگی که به صورت نظارت‌نشده اقدام به تفکیک دو کلاس تغییریافته و تغییرنیافته می‌کنند، نتایج با دقت بسیار بالاتری حاصل کرده است. حدآستانه‌های بهینه به‌دست آمده در جدول (۲) گویای این موضوع است که الزاماً حدآستانه‌ها در تصویر اختلاف علامت‌دار به‌دلیل نامتقارن بودن پراکندگی مقادیر درجه خاکستری تصویر اختلاف، متقارن نیستند و بسته به پراکندگی مقادیر درجات خاکستری می‌تواند مقادیر مختلفی را اختیار کنند. این موضوع را می‌توان به علت پراکندگی متقارن و ایجاد یک مقدار قرینه برای حدآستانه توجیه نمود. در غیر این صورت با در نظر گرفتن دو مقدار برای حدآستانه در تصویر اختلاف با پراکندگی نامتقارن مقادیر درجات خاکستری این انتظار می‌رود که دقت نهایی نتایج بالاتر رود که نتایج جدول (۱) نشان دهنده صحت این استدلال می‌باشد.
با توجه به نتایج به‌دست آمده از نقشه تغییرات در شکل (۶، ۷ و ۸) و مقایسه آن با تصویر واقعیت زمینی می‌توان به افزایش دقت و صحت نتایج در روش پیشنهادی اشاره داشت. در نقشه تغییرات به‌دست آمده با استفاده از روش پیشنهادی، تعدادی از مسیرها و ساختمان‌ها با صحت و دقت بیشتری به‌عنوان عوارض تغییریافته مشخص شده‌اند. این در حالی است که با استفاده از روش حدآستانه گذاری اوتسو، نقشه تغییرات دارای تشخیص مناطق تغییریافته اشتباه به نسبت زیادی در مقایسه با روش پیشنهادی می‌باشد (شکل (۹ و ۱۰)). علت این موضوع را می‌توان در انتخاب یک حدآستانه بهینه در میان مقادیر مثبت و منفی دانست. که این امر باعث تشخیص اشتباه در مورد ماهیت تغییرات عوارض می‌شود. این مسئله در مورد روش فیشر نیز صادق خواهد بود. از سوی دیگر

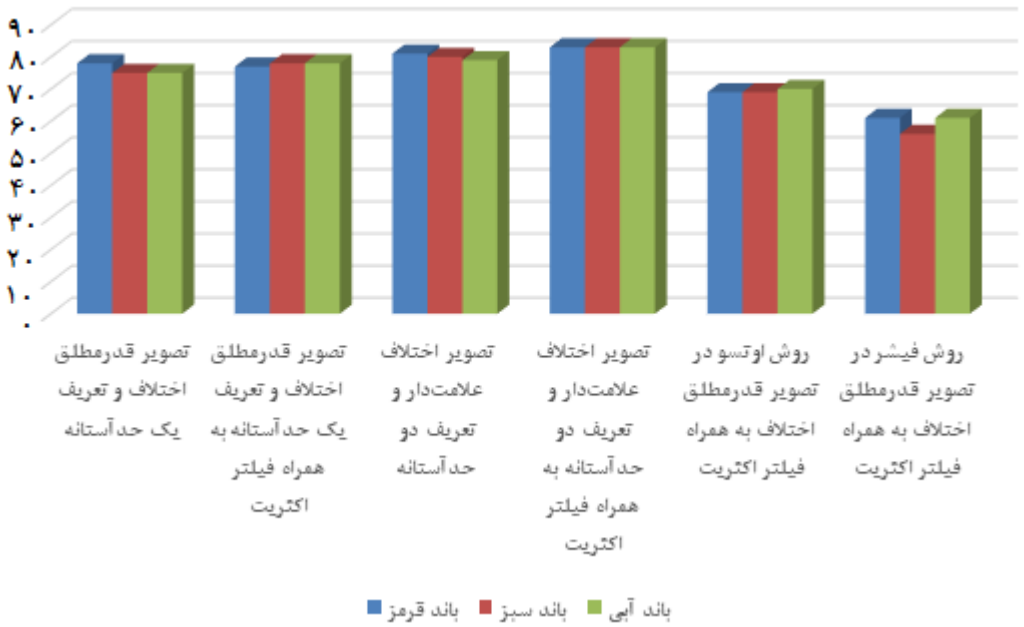
[1] Fisher
[2] Majority filter

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

به‌کارگیری توابع هزینه معرفی شده در این تحقیق به علت اینکه از تصویر اختلاف فقط به‌منظور جانمایی محل تغییرات استفاده می‌شود و ضریب همبستگی، زاویه طیفی، اعوجاج رادیومتریک و تباین به‌منظور بررسی شباهت و عدم‌شباهت پیکسل‌ها در هر تصویر به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود، این روش تا حدود بسیار زیادی نسبت به اختلافات رادیومتریکی بین دو تصویر پایدار بوده و از این رو می‌تواند به‌عنوان نقطه قوت این روش مطرح گردد. این مسئله به وضوح در مورد مناطقی که به صورت نویزی در دو روش دیگر به کلاس تغییریافته تعلق یافته‌اند، دیده می‌شود.

جدول ۱: دقت‌های به‌دست آمده از روش‌های مورد مطالعه

روش	دقت باند قرمز (درصد)	دقت باند سبز (درصد)	دقت باند آبی (درصد)	دقت نهایی (درصد)
تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه	۷۸	۷۵	۷۵	۷۵
تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه به همراه فیلتر اکثریت	۷۷	۷۸	۷۸	۷۸
تصویر اختلاف علامت‌دار و تعریف دو حدآستانه	۸۱	۸۰	۷۹	۸۱
تصویر اختلاف علامت‌دار و تعریف دو حدآستانه به همراه فیلتر اکثریت	۸۳	۸۳	۸۳	۸۳
روش اوتسو در تصویر قدرمطلق اختلاف به همراه فیلتر اکثریت	۶۹	۶۹	۷۰	۷۲
روش فیشر در تصویر قدرمطلق اختلاف به همراه فیلتر اکثریت	۶۱	۵۶	۶۱	۶۲

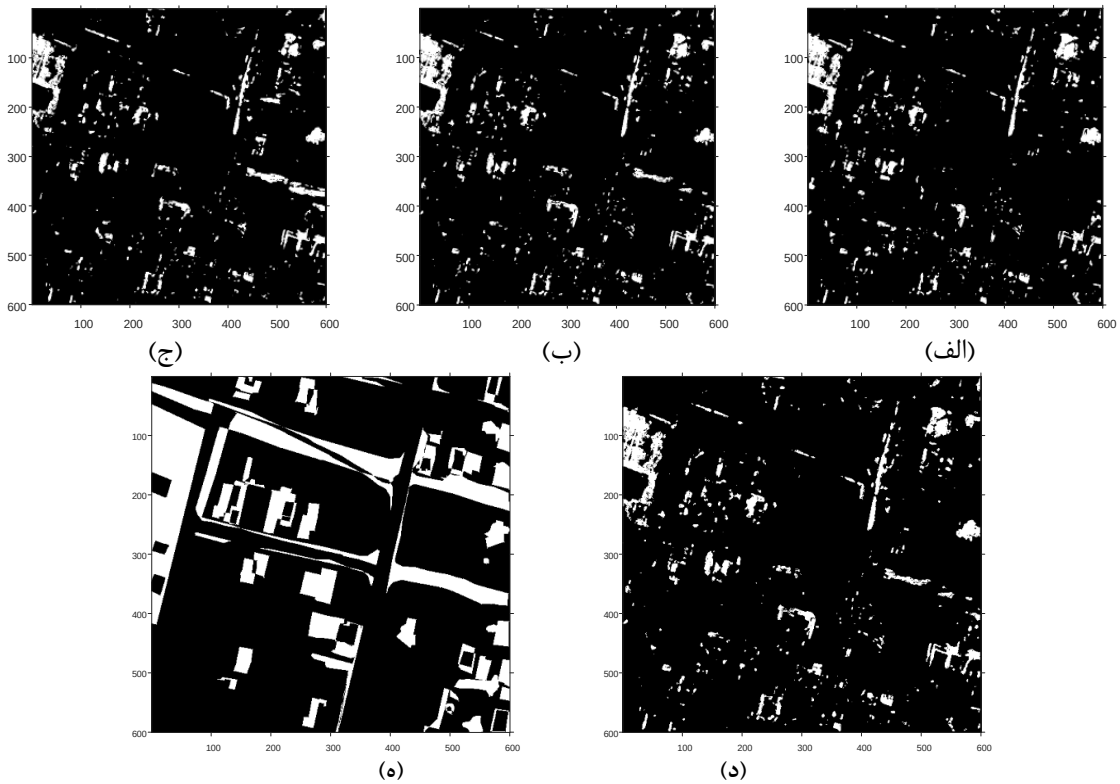


شکل ۹: مقایسه دقت‌های به‌دست آمده از تعریف دو حدآستانه بر روی تصویر اختلاف علامت‌دار و روش‌های حدآستانه‌گذاری تصویر قدرمطلق اختلاف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

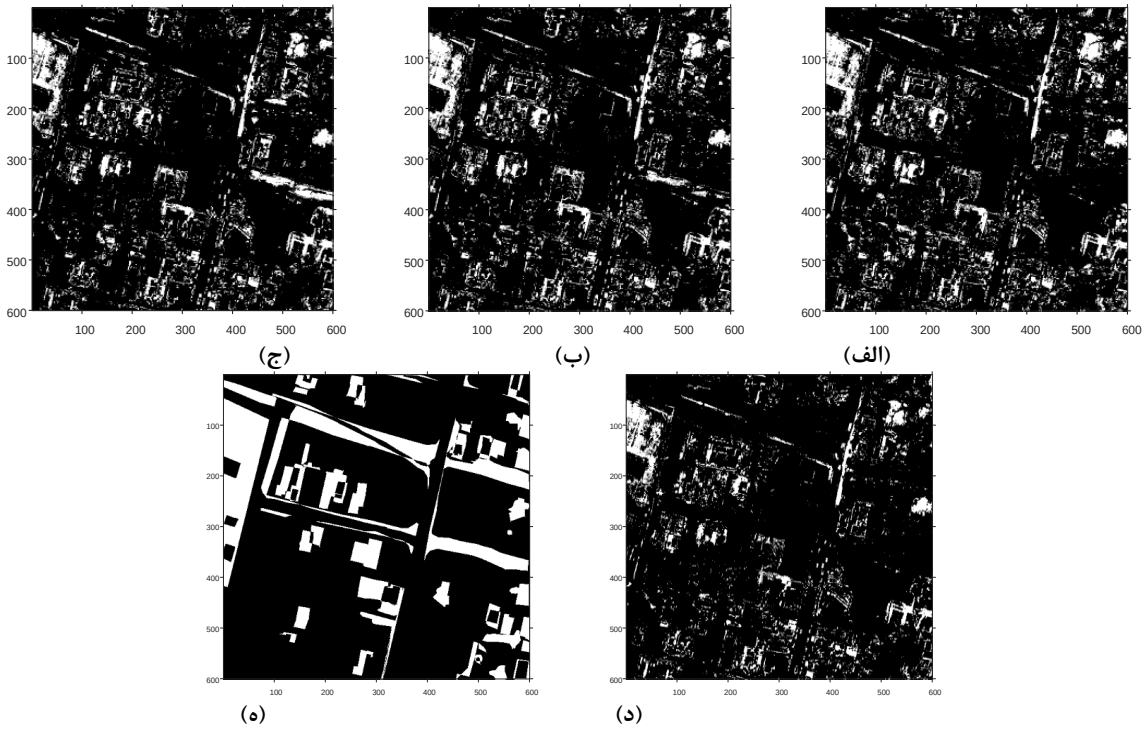
جدول ۲: بهترین حدآستانه‌های به‌دست آمده

روش	حدآستانه بهینه در باند قرمز	حدآستانه بهینه در باند سبز	حدآستانه بهینه در باند آبی
تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه	۱۲۷	۱۲۷	۱۲۷
تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه به همراه فیلتر اکثریت	۱۲۷	۱۲۷	-۱۲۵
تصویر اختلاف علامت‌دار و تعریف دو حدآستانه	۱۲۶- و ۱۲۷	۱۲۶- و ۱۲۷	۱۱۸- و ۱۲۷
تصویر اختلاف علامت‌دار و تعریف دو حدآستانه به همراه فیلتر اکثریت	۱۲۶- و ۱۲۷	۱۲۶- و ۱۲۷	۱۱۸- و ۱۲۷
تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه توسط روش اتسو	۵۷	۵۶	۴۷
تصویر قدرمطلق اختلاف و تعریف یک حدآستانه توسط روش فیشر	۲۲	۲۵	۲۳

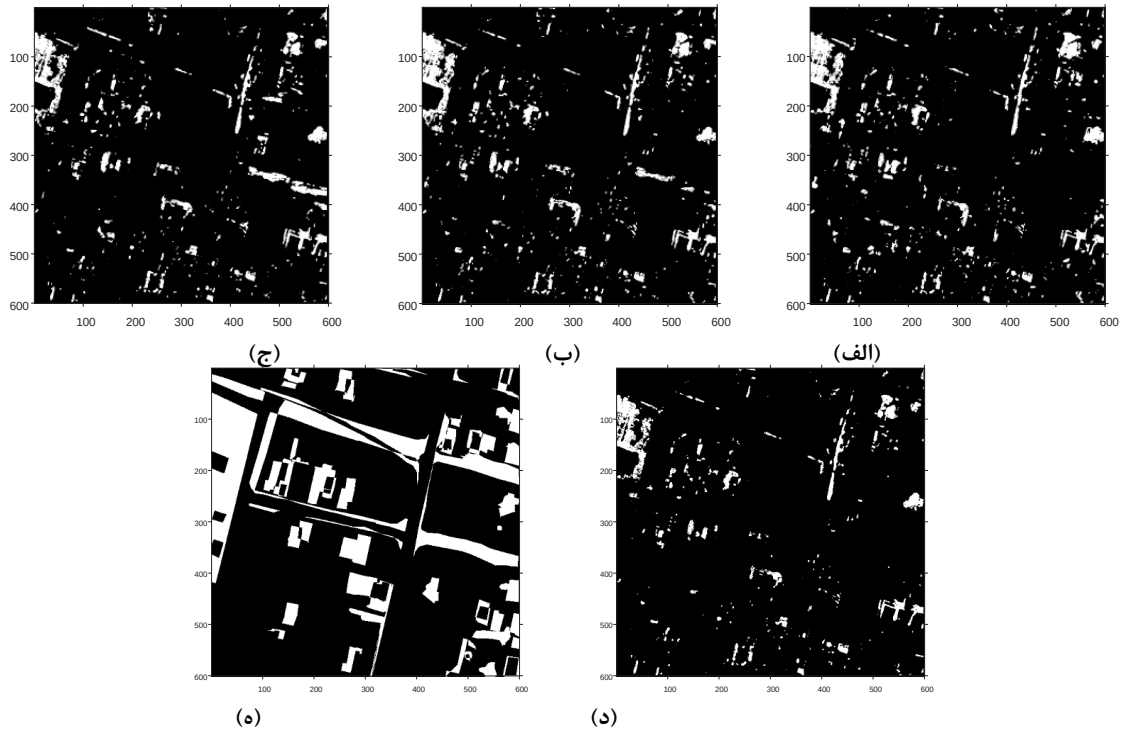


شکل ۶: تصویر قدرمطلق اختلاف، با اعمال فیلتر اکثریت (الف): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند آبی– (ب): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند سبز - (ج): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند قرمز - (د): تصویر نهایی برچسب‌گذاری شده – (ه): تصویر واقعیت زمینی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

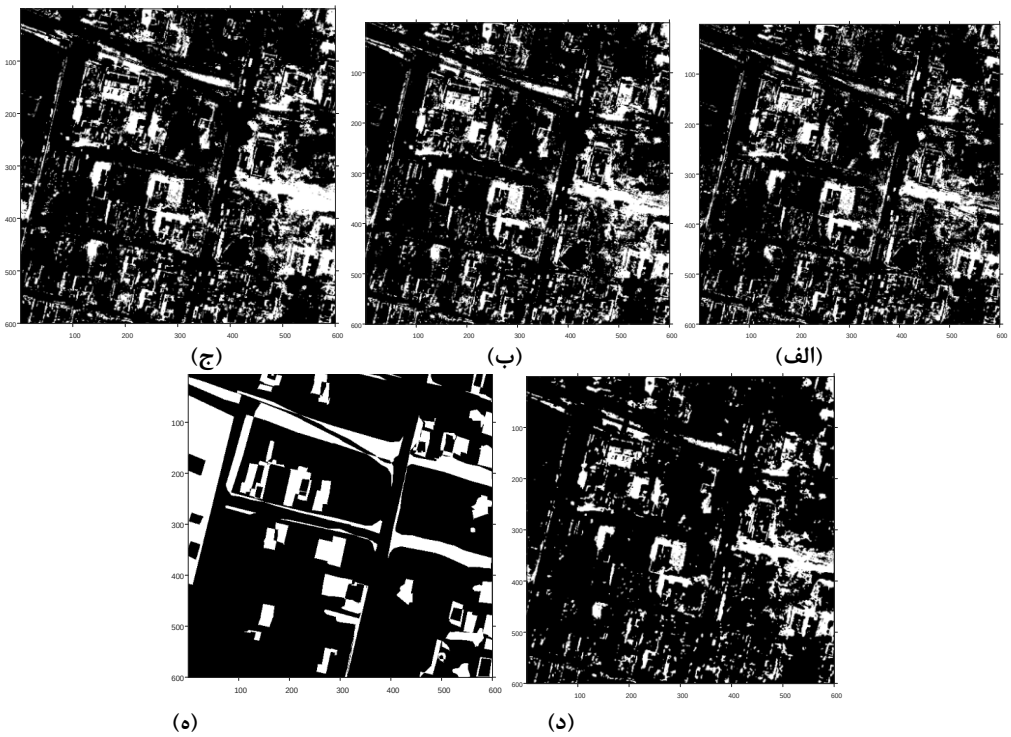


شکل ۷: تصویر اختلاف علامت‌دار، بدون اعمال فیلتر اکثریت (الف): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند آبی (ب): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند سبز (ج): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند قرمز (د): تصویر نهایی برچسب‌گذاری شده (ه): تصویر واقعیت زمینی

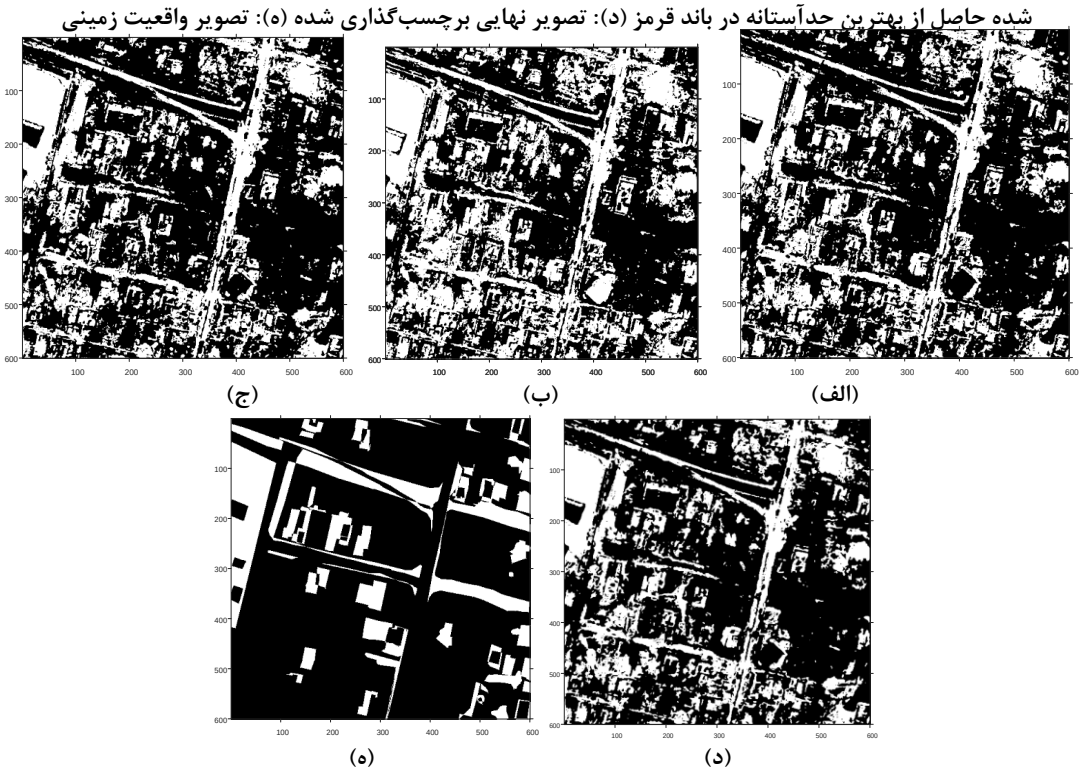


شکل ۸: تصویر اختلاف علامت‌دار، با اعمال فیلتر اکثریت (الف): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند آبی (ب): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند سبز (ج): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند قرمز (د): تصویر نهایی برچسب‌گذاری شده (ه): تصویر واقعیت زمینی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]



شکل ۹: حدآستانه‌گذاری اوتسو (تصویر قدرمطلق اختلاف، با اعمال فیلتر اکثریت) – (الف): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند آبی (ب): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند سبز (ج): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند قرمز (د): تصویر نهایی برچسب‌گذاری شده (ه): تصویر واقعیت زمینی



شکل ۱۰: حدآستانه‌گذاری فیشر (تصویر قدرمطلق اختلاف ، با اعمال فیلتر اکثریت) (الف): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند آبی (ب): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند سبز (ج): تصویر برچسب‌گذاری شده حاصل از بهترین حدآستانه در باند قرمز (د): تصویر نهایی برچسب‌گذاری شده (ه): تصویر واقعیت زمینی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]
[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

۵- جمع‌بندی

در این پژوهش دیدگاه جدیدی برای آشکارسازی تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای پیشنهاد گردید که دارای دو جنبه نوآوری می باشد. نخست آنکه برخلاف تحقیقات پیشین، هیستوگرام تصویر اختلاف (که نشان دهنده فراوانی مقادیر اختلاف مثبت و منفی در دو تصویر است)، متقارن فرض نشد و برای مقادیر مثبت و منفی دو حدآستانه مجزا تعریف شد. بدیهی است که اگر هیستوگرام تصویر اختلاف متقارن باشد، روش پیشنهادی با بکارگیری دو حدآستانه به‌خوبی قادر است این شرایط را نیز مدلسازی نماید. دوم آنکه در این مقاله حدآستانه آشکارسازی تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از یک سری معیارهای نظارت‌نشده، بهینه‌سازی گردید. نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی یک جفت تصویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا و اختلاف زمانی چهار سال، نشان داد که روش پیشنهادی قادر است بهتر از روش های معمول تغییرات را آشکارسازی نماید. بطوریکه در مقایسه با روش آستانه‌گذاری معمولی (مبتنی بر حدآستانه‌گذاری بر روی قدرمطلق تصویر برچسب‌گذاری شده)، روش اوتسو و روش فیشر، روش پیشنهادی به ترتیب ۵، ۲۴ و ۲۱ درصد پیشرفت نشان می‌دهد. از سوی دیگر این روش به‌دلیل بهینه‌سازی حدآستانه نسبت به روش بهینه‌سازی ماسک، هزینه محاسباتی کمتری خواهد داشت. افزون بر این، روش ارائه شده به دلیل استفاده از روابط محتوایی شباهت و عدم شباهت مابین تصاویر چندزمانه، حساسیت کمتری به تغییرات رادیومتریکی کلی بین دو تصویر دارد. به‌عنوان نکته پایانی، پس‌پردازش نتایج حاصل از فرآیند آشکارسازی تغییرات، نقش بسزایی در دقت نهایی قابل حصول دارد، بطوریکه در هر چهار روش پیشنهادی، روش معمول، روش اوتسو و روش فیشر، حداقل ۵ درصد بهبود در نتایج را به همراه داشته است. در تحقیقات آتی، توسعه معیارهای نظارت‌نشده موثرتر در آشکارسازی تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای مورد توجه قرار خواهد گرفت. افزون بر این، استفاده از روش‌های بهینه‌سازی در بهبود سرعت تعیین مقادیر بهینه حدآستانه‌ها نیز بررسی خواهد شد.در نهایت، پیشنهاد می‌شود با ارائه راهکاری مناسب به‌منظور استفاده هر چه بهتر از روش‌های حدآستانه‌گذاری تصاویر درجه خاکستری مثبت از جمله روش اوتسو و روش فیشر، دقت روش‌های مذکور بهبود داده شود.

مراجع

[1] Sadeghi, Vahid. “Development of a fuzzy thresholding technique for automatic change detection using satellite images.” PhD Thesis in Geomatics Engineering, K.N. Toosi University of Technology Faculty of Geodesy and Geomatics, 2016.

[2] Singh, A., Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. International journal of remote sensing, 10(6), pp.989-1003, 1989.

[3] Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H. and Stanley, D., Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 80, pp.91-106, 2016.

[4] Jin, S., Yang, L., Danielson, P., Homer, C., Fry, J. and Xian, G., A comprehensive change detection method for updating the National Land Cover Database to circa 2011. Remote Sensing of Environment, 132, pp.159-175, 2013.

[5] Tan, B., Masek, J.G., Wolfe, R., Gao, F., Huang, C., Vermote, E.F., Sexton, J.O. and Ederer, G., Improved forest change detection with terrain illumination corrected Landsat images. Remote Sensing of Environment, 136, pp.469-483, 2013.

[6] Dong, L. and Shan, J., A comprehensive

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]

[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

review of earthquake-induced building damage detection with remote sensing techniques. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 84, pp.85-99, 2013.

[7] Dube, T., Gumindoga, W. and Chawira, M., Detection of land cover changes around Lake Mutirikwi, Zimbabwe, based on traditional remote sensing image classification techniques. African Journal of Aquatic Science, 39(1), pp.89-95, 2014.

[8] Arnett, J.T., Coops, N.C., Daniels, L.D. and Falls, R.W., Detecting forest damage after a low-severity fire using remote sensing at multiple scales. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 35, pp.239-246, 2015.

[9] Sun, C., Wu, Z.F., Lv, Z.Q., Yao, N. and Wei, J.B., Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, pp.409-417, 2013.

[10] Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B. and Lambin, E., Review ArticleDigital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. International journal of remote sensing, 25(9), pp.1565-1596, 2004.

[11] Deer, P., Digital change detection techniques in remote sensing, 1995.

[12] Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E., Change detection techniques. International journal of remote sensing, 25(12), pp.2365-2401, 2004.

[13] Celik, T. and Yetgin, Z., Change detection without difference image computation based on multiobjective cost function optimization. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 19(6), pp.941-956, 2011.

[14] Stathaki, T., Image fusion: algorithms and applications. Academic Press, 2011.

[15] Wang, Z., Alan. C. Bovik,"A Universal Quality Index". IEEE Signal Processing Letters, 20, pp.1-4, 2002.

[16] [16] Rignot, E.J. and Van Zyl, J.J., Change detection techniques for ERS-1 SAR data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, 31(4), pp.896-906, 1993.

[17] Otsu, N., A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, 9(1), pp.62-66, 1979.

[18] Ye, Z., Hu, Z., Lai, X. and Chen, H., Image segmentation using thresholding and swarm intelligence. Journal of Software, 7(5), pp.1074-1082, 2012.

[19] Li, L., Gong, R. and Chen, W., Gray level image thresholding based on fisher linear projection of two-dimensional histogram. Pattern Recognition, 30(5), pp.743-749, 1997.

[20] Liu, G., Delon, J., Gousseau, Y. and Tupin, F., August. Unsupervised change detection between multi-sensor high resolution satellite images. In Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2016 24th European (pp. 2435-2439). IEEE, 2016.

[21] Khan, A., Thakre, P., Pathan, S. and Principal, H.O.D., Unsupervised Change Detection Algorithm from VHR Satelite Images using Soft Computing Technique. International Journal of Engineering Science, 12355, 2017.

[22] Leichtle, T., Geiß, C., Wurm, M., Lakes, T. and Taubenböck, H., Unsupervised change detection in VHR remote sensing imagery–an object-based clustering approach in a dynamic urban environment. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 54, pp.15-27, 2017.

[23] Leite, L.R., Carvalho, L.M.T.D. and Silva, F.M.D., Change detection in forest and savannas using statistical analysis based on geographical objects. Boletim de Ciências Geodésicas, 23(2), pp.284-295, 2017.

[24] Ma, L., Li, M., Blaschke, T., Ma, X., Tiede, D., Cheng, L., Chen, Z. and Chen, D., Object-based change detection in urban areas: the effects of segmentation strategy,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]

[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

scale, and feature space on unsupervised methods. Remote Sensing, 8(9), p.761, 2016.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]

[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.7 No.1, Spring 2019

Research Paper

Change detection from satellite images based on optimal asymmetric thresholding the difference image

Fahime Youssefi *[1], Mohammad Javad Valadan Zoej [2], Mojtaba Jannati[3]

1-Ms.c student of photogrammetry in Department of photogrammetry and remote sensing, College of geodesy and geomatics, K.N.Toosi University
2-Professor in Department of photogrammetry and remote sensing, College of geodesy and geomatics, K.N.Toosi University
3-Ph.D. student of remote sensing in Department of photogrammetry and remote sensing, College of geodesy and geomatics, K.N.Toosi University

Abstract

As a process to detect changes in land cover by using multi-temporal satellite images, change detection is one of the practical subjects in field of remote sensing. Any progress on this issue increase the accuracy of results as well as facilitating and accelerating the analysis of multi-temporal data and reducing the cost of producing geospatial information. In this study, an unsupervised change detection method is proposed based on using the image quality parameters; including correlation, spectral distortion, radiometric distortion and contrast between pixels in multi-temporal images. To calculate these indices, a binary mask is used to divide the image into change and unchanged classes. In this paper, to generate the mask, the proposed method applied asymmetric thresholding on signed difference image and in order to produce optimal mask, an iterative algorithm are suggested to find the optimal thresholds. The results demonstrate 5 percent increasing when two asymmetric thresholds are used with respect to use one threshold in absolute difference image. The proposed method is less sensitive to radiometric changes in multi-temporal images. Besides, due to usage optimized threshlding method, this method has less computational cost than random mask optimization methods. Moreover, in comparison with the Otsu thresholding method and Fisher criterion function, the results obtained from the proposed method demonstraste 24 and 21 percent incressing the accuracy, respectively.

Key words: *Change detection,Multi-temporal satellite images, Labeling, Thresholding, Change mask.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-19]

[DOI: 10.29252/jgit.7.1.73]

Correspondence Address *: No. 1346, ValiAsr Street, Mirdamad cross, Geomatics Engineering Faculty, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. Postal Code: 19967-15433.*
Tel*: +9821-88877071.*
Email*: Fahimeh.y@gmail.com*