

شناسایی تغییرات محلی و سراسری در تصاویر اپتیک با استفاده از خوشه بندی K-Means بهینه شده با الگوریتم ازدحام ذرات

سارا خانبانی^{۱*}، علی محمدزاده^۲، میلاد جانعلی پور^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
sarakhanbani@yahoo.com

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
almoh2@gmail.com

^۳ دانشجوی دکتری سنجش از دور - دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
m_janalipour89@yahoo.com

(تاریخ دریافت خرداد ۱۳۹۶، تاریخ تصویب شهریور ۱۳۹۶)

چکیده

مبحث شناسایی تغییرات از تصاویر سنجش از دوری با توجه به لزوم کاربرد آن در حیطه های مختلف از جمله مدیریت شهری و غیرشهری و پایش رشد نواحی از اهمیت بالایی در بین پژوهشگران این عرصه برخوردار است. روش ها و تکنیک های متفاوتی به منظور آشکارسازی تغییرات ارائه شده است. یکی از دسته بندی های رایج در زمینه تکنیک های شناسایی تغییرات، تقسیم بندی به دو روش نظارت شده و نظارت نشده می باشد. روش های نظارت نشده بر اساس اطلاعات تصویری بوده و از کمترین اطلاعات جانبی برای تصمیم گیری در مورد پیکسل ها استفاده می کنند. در این مقاله روش شناسایی تغییرات خودکار جدیدی از تصاویر سنجش از دوری بر اساس الگوریتم خوشه بندی K-Means بهبود یافته با الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات پیشنهاد شده است. هدف از روش ارائه شده استخراج خودکار مناطق تغییرات میان دو تصویر سنجش از دوری دو زمانه می باشد. با توجه به اینکه در اغلب مناطق طیف وسیعی از تغییرات وجود دارد، روش ارائه شده قادر به شناسایی تغییرات محلی و درعین حال حفظ اطلاعات کلی تصویر خواهد بود. روش پیشنهادی بر روی دو پایگاه داده از مناطق آلاسکا و دریاچه ارومیه پیاده سازی شده و افزایش دقت شناسایی تغییرات ۸ تا ۱۳ درصدی را نسبت به روش های K-Means، Otsu و K-Medoids نشان می دهد.

واژگان کلیدی: شناسایی تغییرات نظارت نشده، خوشه بندی PSO-K-Means، شناسایی تغییرات محلی

* نویسنده رابط

با توسعه مناطق شهری و غیرشهری و پیشرفت تکنولوژی مناطق سطح زمین دستخوش تغییرات شده و در نتیجه دیده‌بانی^۱ و آنالیز تغییرات از اهمیت زیادی برخوردار است [۱]. نوع تغییرات به دو دوره زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت تقسیم می‌شود. پدیده‌های ایجادکننده تغییرات بازمان کوتاه‌تر همانند تغییرات پوشش برفی و یا سیلاب‌ها یا زلزله می‌باشد و پدیده‌های ایجادکننده تغییرات با دوره زمانی بالاتر همانند توسعه مناطق شهری یا بیابان‌زایی می‌باشد [۲]. تصاویر ماهواره‌ای اطلاعات ضروری را به منظور مطالعات محیطی و پایش منابع زمینی محیا می‌کنند [۳، ۴]. این تصاویر به علت ویژگی‌های منحصر به فردشان همچون فرمت رقومی، اخذ اطلاعات در فرکانس‌های زمانی بالا و قابلیت دسترسی به سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک‌های مکانی و طیفی متفاوت نقش پررنگی در شناسایی تغییرات دارند [۵]. شناسایی تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای در کشاورزی، ارزیابی سطح کشت، جنگل‌زدایی، رشد شهری و نگاشت پوشش زمینی در مقیاس بزرگ و متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶].

روش‌های مختلفی به منظور شناسایی تغییرات ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان روش‌های مقایسه‌ای مستقیم، روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی روش‌های یادگیری ماشین، روش‌های تلفیقی و روش‌های خوشه‌بندی را نام برد [۶-۹]. از این میان روش‌های خوشه‌بندی به علت قابلیت‌هایی همچون عدم نیاز به اطلاعات و داده‌های کمی درباره منطقه، سادگی محاسبات و مفاهیم و کمترین نیاز به عامل خبره مورد استقبال بسیاری از محققین در زمینه‌ی شناسایی تغییرات قرار گرفته است [۱۰]. در ادامه به بررسی برخی از روش‌های شناسایی تغییرات مبتنی بر خوشه‌بندی پرداخته شده است. در مقاله ارائه‌شده توسط Tang و همکاران، روش شناسایی تغییرات از تصاویر سنجش‌ازدوری چند زمانه بر اساس روشی تلفیقی مبتنی بر موجک و خوشه‌بندی K-Means پیشنهاد شده است. در روش پیشنهادی، نتایج اپراتور اختلاف گیری ساده و اپراتور نسبت لگاریتمی^۲ بر اساس موجک با یکدیگر تلفیق شده است. تصویر جزئیات حاصل از تصویر

نسبت لگاریتمی^۳ تبدیل یافته، به تصویر اختلاف تبدیل شده، اضافه شده و تصویر تلفیقی ایجاد می‌شود. در مرحله‌ی بعد تبدیل معکوس بر روی تصویر اختلاف همراه با جزئیات، انجام شده و در مرحله آخر خوشه‌بندی K-Means با در نظر گرفتن اطلاعات همسایگی در پنجره‌ای با ابعاد 3×3 حول هر پیکسل و در دو خوشه تغییرات و عدم تغییرات اعمال شده است [۱۱]. در مقاله دیگری که توسط Zhang و همکاران پیشنهاد شده است، روش شناسایی تغییرات دیگری مبتنی بر تصویر اختلاف و بدون در نظر گرفتن فرضیات اولیه ارائه گردید. در این روش، از روش شیفت میانگین^۴ به منظور کاهش نویز و کاهش تغییرات جعلی در تصویر اختلاف استفاده شده است. مرحله بعد تجزیه چند مقیاس^۵ تصویر می‌باشد که بدین منظور از روش تبدیل موجک ایستا استفاده شده است، بعد از ۲ سطح تجزیه، بردار ویژگی برای هر پیکسل با در نظر گرفتن اطلاعات بافتی در پنجره‌هایی با ابعاد 3×3 استخراج شده است. بردارهای ویژگی ایجاد شده برای هر پیکسل با استفاده از روش خوشه‌بندی K-Means به بیش از ۲ خوشه کلاسه‌بندی شده تا اثرات نویز اسپکل را از مناطق تغییرات مجزا نماید. پس از خوشه‌بندی، رشد نواحی^۶ با ۸ همسایگی مکانی به منظور تولید نقشه تغییرات نهایی استفاده شده است [۱۲]. در مقاله ارائه‌شده توسط Celik روش شناسایی تغییراتی از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه با استفاده از آنالیز مؤلفه اصلی و خوشه‌بندی K-means ارائه شده است. در روش پیشنهادی تصویر اختلاف به بلوک‌های بدون هم‌پوشانی با ابعاد $h \times h$ تقسیم‌بندی شده و بردارهای ویژه با استفاده از آنالیز مؤلفه اصلی برای پیکسل‌های واقع در هر بلوک استخراج شده است. شناسایی تغییرات به وسیله قسمت‌بندی فضای بردار ویژگی با استفاده از روش خوشه‌بندی K-Means با دو خوشه انجام شده است [۱۳]. در مقاله ارائه‌شده توسط Raychaudhuri و همکاران، روش شناسایی تغییرات از تصاویر سنجش‌ازدوری بر اساس الگوریتم ژنتیک نخبه‌گرا (ورژن بهبودیافته‌ای از الگوریتم ژنتیک ساده) به همراه تکنیک خوشه‌بندی K-Means پیشنهاد شده است. در روش پیشنهادی تصویر اختلاف مطلق ایجاد شده و هر پیکسل با ۸ همسایگی مجاورش تحت عنوان

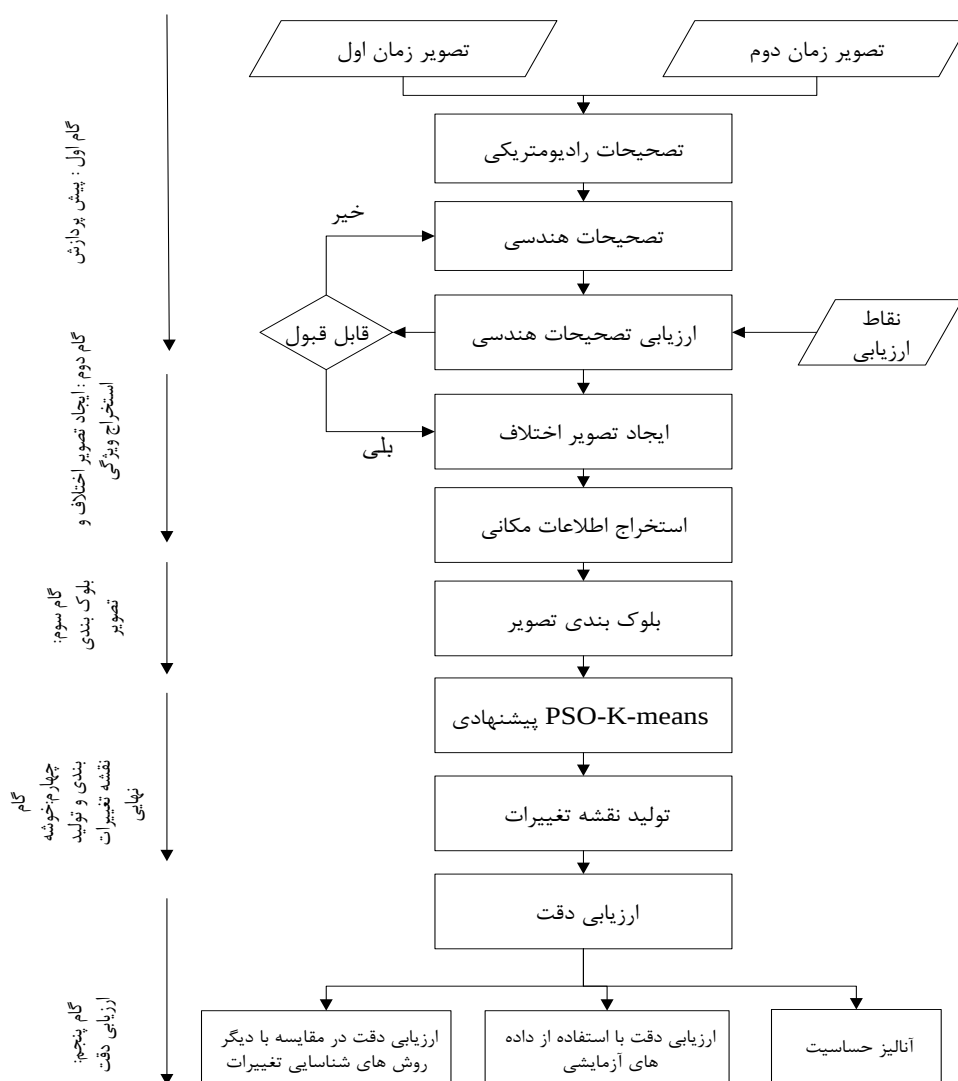
^۳ Log-ratio^۴ Mean_shift^۵ Multi-scale decomposition^۶ Region-growing^۱ Monitoring^۲ Log-ratio

۲- مواد و روش‌ها

مدل مفهومی روش پیشنهادی به منظور شناسایی تغییرات در شکل ۱ نمایش داده شده است. روش پیشنهادی در ۵ گام کلی طراحی شده است. در گام اول پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر دو زمانه مورد بحث قرار گرفته، در گام دوم به ایجاد تصویر اختلاف از تصاویر پردازش شده و استخراج اطلاعات مکانی پیکسل‌ها تحت عنوان استخراج ویژگی پرداخته شده و در گام سوم به نحوه‌ی بلوک‌بندی تصویر خروجی گام دوم پرداخته شده است. در گام چهارم به تفصیل راجع به عملکرد روش PSO-K-Means پیشنهادی که تلفیقی از توابع هزینه محلی و کلی می‌باشد و همچنین به روند تولید نقشه تغییرات کلی می‌باشد و نهایتاً در گام پنجم نیز ارزیابی دقت روش پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته شده است.

الگوهایی ذخیره شده و دو الگوی تصادفی از میان الگوهای موجود با استفاده از الگوریتم ژنتیک انتخاب شده و بر اساس فاصله اقلیدسی میان دو الگوی تصادفی انتخاب شده و الگوهای متعلق به هر پیکسل خوشه مناسب برای هر پیکسل مشخص می‌گردد [۱۵].

هدف از این مقاله ارائه روش شناسایی تغییرات نظارت نشده‌ی جدیدی بر مبنای خوشه‌بندی K-Means و با در نظر گرفتن اطلاعات مکانی تصویر و با تکیه بر الگوریتم فرا ابتکاری بهینه‌سازی ازدحام ذرات می‌باشد، ضرورت ارائه روش پیشنهادی ارائه الگوریتمی است که قادر باشد علاوه بر شناسایی تغییرات به صورت محلی، اطلاعات کلی تصویر را نیز حفظ نماید. استفاده از اطلاعات مکانی تصویر به منظور بهبود قدرت روش خوشه‌بندی و استفاده از ترکیب اطلاعات باندی به منظور بهره‌گیری از ویژگی‌های باندهای مختلف از دیگر ضروریات ارائه روش پیشنهادی می‌باشد.



شکل ۱- مدل مفهومی روش پیشنهادی به منظور شناسایی تغییرات

۲-۲- پیش پردازش ها

و با استفاده از نرم افزار Envi4.5، کالیبره شده و سپس با روش انطباق هیستوگرام^۲ درجات خاکستری از نظر رادیومتریکی تصحیح شده اند.

۲-۲-۲- هم مرجع سازی (انطباق) تصاویر

فرآیند منطبق نمودن دو تصویر یا چند تصویر، تحت عنوان تصاویر مرجع و مورد بررسی که در منظرهای یکسان قرار دارند، اما به علت عواملی همچون: اخذ تصویر در زمان های متفاوت، از نقاط دید متفاوت و به وسیله سنسورهای متفاوت، باهم متفاوت می باشند را انطباق می گویند. از نظر هندسی، هم تراز نمودن تصاویر را انطباق (متناظر سازی) می گویند. بسیاری از روش های منطبق سازی تصاویر از ۴ گام کلی زیر تشکیل شده است:

- ۱- شناسایی عوارض (آشکار سازی عوارض)، ۲- تناظر یابی عوارض، ۳- تخمین مدل تبدیل، ۴- نمونه برداری تصویر و تبدیلات [۱۸]. در این مطالعه با استفاده از تعدادی نقطه چک تصاویر نسبت به هم مورد بررسی قرار گرفته شد و با تعداد ۳۸ نقطه کنترل برای منطقه آلاسکا RMSE معادل ۰/۲۵ متر و با تعداد ۲۲ نقطه کنترل برای منطقه ارومیه RMSE معادل ۰/۳۲ متر حاصل شد در نتیجه از مرحله تناظر یابی صرف نظر شده است.

۲-۳- ایجاد تصویر اختلاف و استخراج ویژگی

فرض کنید دو تصویر $X_1 = \{x_1(i, j) | 1 \leq i \leq P, 1 \leq j \leq Q\}$ و $X_2 = \{x_2(i, j) | 1 \leq i \leq P, 1 \leq j \leq Q\}$ با ابعاد $P \times Q$ باشند که از مناطق با موقعیت جغرافیایی یکسان و در دو بازه زمانی مختلف اخذ شده باشند. تصویر اختلاف ساده (DI) که از تفاضل مقادیر خاکستری پیکسل های نظیر دو تصویر هم مرجع شده حاصل می شود مطابق با رابطه (۲) محاسبه می شود:

$$DI(i, j) = |x_1(i, j) - x_2(i, j)| \quad (2)$$

در مرحله بعد هر پیکسل تصویر اختلاف (متناظر با یک باند تصویری) و هشت همسایگی احاطه شده توسط هر پیکسل تحت عنوان ماتریس ویژگی ذخیره می شوند. در این صورت برای تصویر اختلاف با ابعاد $P \times Q$ ماتریسی با ابعاد $(P \times Q) \times 9$ خواهیم داشت. نمایش گرافیکی اطلاعات همسایگی در شکل ۲ آورده شده است.

پیش پردازش ها شامل تصحیحات رادیومتریکی و هندسی می باشد. تصحیحات رادیومتریکی به منظور جبران ناهماهنگی ایجاد شده میان تغییرات شدت^۱ صورت می پذیرد. تغییرات شدت ناشی از عوامل مختلف همچون نیرو یا موقعیت منابع روشنایی، مقادیر ایجاد شده از انعکاس طیفی، فصل های مختلف تصویر برداری، برف و باران می باشد. تصحیح هندسی نیز به منظور جلوگیری از ایجاد نتایج جعلی در شناسایی تغییرات انجام می شود و هدف از آن قرار دادن تصاویر مورد بررسی به منظور شناسایی تغییرات در یک سیستم مختصات می باشد.

۲-۲-۱- تصحیحات رادیومتریکی

سیگنال های تابش الکترومغناطیسی که به وسیله ماهواره ها جمع آوری شده اند، به علت عواملی همچون پراکنش و جذب با گازها و آئروسول ها موجود در محل عبورشان از اتمسفر (مسیر میان زمین و سنجنده)، دستخوش تغییراتی می شوند. در بسیاری از کاربردها شامل طبقه بندی و شناسایی تغییرات در صورتی که داده آموزشی موجود باشد و داده ها در یک مقیاس نسبی مشابه طبقه بندی شوند تصحیح اتمسفری ضرورتی ندارد. در غیر این صورت به منظور قرار دادن داده های چند زمانه در یک مقیاس رادیومتریکی یکسان، تصحیحات رادیومتریکی الزامی است. یکی از روش های رایج به منظور تصحیح رادیومتریکی، اختلاف گیری تصویر می باشد. تصحیح رادیومتریکی همراه با اختلاف گیری تصویر در رابطه (۱) ارائه شده است [۱۶، ۱۷].

$$D'_{ijk} = [DN_{ijk}(1) - A_k(1)] - [DN_{ijk}(2) - A_k(2)] \quad (1)$$

که در این رابطه D'_{ijk} تصویر اختلاف تصحیح شده DN_{ijk} ، درجه خاکستری هر پیکسل در هر باند و A_k تأثیرات اتمسفری جمع شونده برای هر باند و زمان یک و دو می باشند. k نیز بیانگر شماره باند می باشد. در این مطالعه تصاویر به صورت مجزا با استفاده از اطلاعات فایل کالیبراسیون تصاویر (با استفاده از اصول مطرح در رابطه ۱)

^۲ Histogram matching

^۱ intensity

به روش اقلیدسی محاسبه می‌گردد. چنانچه بردارهای متناظر با مراکز خوشه به صورت

نمایش داده شود و $i = \{1, 2\}$ به ترتیب نشان‌دهنده بردار مرکزی خوشه تغییرات و عدم تغییرات و m, n نیز مبین شمارنده-های هر بلوک باشند و پیکسل‌های واقع در هر بلوک نیز با $U_{mnj} = \{u_{j1}, u_{j2}, u_{j3}, u_{j4}, u_{j5}, u_{j6}, u_{j7}, u_{j8}, u_{j9}\}$ ازای $j = [1: m \times n]$ (کلیه پیکسل‌های واقع در هر بلوک) نشان داده شوند، فاصله اقلیدسی میان بردارهای متناظر با مراکز خوشه‌ها در هر بلوک تا بردارهای متناظر با پیکسل‌های واقع در همان بلوک مطابق با رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$d_{mni} = \sqrt{\sum ||U_{mnj} - V_{mni}||} \quad (3)$$

پس از محاسبه فاصله اقلیدسی در هر بلوک، پیکسل‌های متناظر در هر بلوک می‌بایست نشان‌گذاری^۱ شوند. زمانی که تغییرات بین دو تصویر در منطقه‌ای مشخص وجود داشته باشد، انتظار می‌رود مقدار پیکسل‌های متناظر با تغییرات در تصویر اختلاف مقادیر بیشتری را نسبت به پیکسل‌های عدم تغییرات نشان دهند. با استفاده از استراتژی مطرح‌شده، چنانچه پیکسل میانی متناظر با بردار مرکز خوشه‌ای از پیکسل میانی متناظر با مرکز خوشه دیگر کوچک‌تر باشد به‌عنوان مرکز خوشه عدم تغییرات و در غیر این صورت به‌عنوان مرکز خوشه تغییرات در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که خوشه تغییرات را با ۱ و خوشه عدم تغییرات را با ۲ نشان دهیم، نشان‌گذاری پیکسل‌های واقع در هر بلوک مطابق با رابطه (۴) صورت می‌پذیرد.

$$CM_{mn} = \begin{cases} 0 & \text{if } d_{mn2} < d_{mn1} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

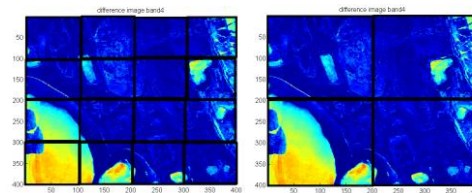
در مرحله بعد از مقادیر درجات خاکستری تصویر اختلاف اولیه که متناظر با پیکسل‌های تغییرات و عدم تغییرات ایجادشده در ماسک باینری معادله (۴) می‌باشند، میانگین‌گیری شده و دو مرکز خوشه کلی برای تصویر مورد محاسبه قرار می‌گیرد. چنانچه $N1$ و $N2$ به ترتیب نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌های تغییرات و عدم تغییرات،

$I-1, J-1$	$I, J-1$	$I+1, J-1$
$I-1, J$	I, J	$I+1, J$
$I-1, J+1$	$I, J+1$	$I+1, J+1$

شکل ۲- نمایش اطلاعات همسایگی هر پیکسل

۲-۴- بلوک‌بندی تصویر

پس از ایجاد ماتریس ویژگی بیان‌شده در مرحله (۲)-۳، تصویر متناظر با ماتریس ویژگی مذکور به بلوک‌هایی با ابعاد $m \times n$ شکسته شده به‌طوری که هیچ‌یک از این بلوک‌ها با یکدیگر هم‌پوشانی نداشته باشند و تمام تصویر را نیز پوشش دهند، به بیان دیگر m و n به ترتیب مقسوم‌علیه‌هایی از P و Q باشند. نمونه‌ای از بلوک‌بندی تصویر در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳- نمونه‌ای از تصویر بلوک‌بندی شده از منطقه آلاسکا در ۴ و ۱۶ بلوک

۲-۵- روش PSO-K-Means پیش‌نهادهای تولید نقشه تغییرات

پس از ایجاد تصویر بلوک‌بندی شده‌ای که هر پیکسل آن دربرگیرنده اطلاعات مکانی پیکسل‌های مجاورش می‌باشد، هدف تولید نقشه تغییرات باینری متناظر با تصویر اختلاف می‌باشد. تولید نقشه تغییرات باینری در این مرحله به صورت مسئله خوشه‌بندی فضای ویژگی در دو کلاس تغییرات و عدم تغییرات با استفاده از روش خوشه‌بندی K-Means در نظر گرفته می‌شود. در تمامی بلوک‌های ایجادشده با ابعاد $m \times n$ دو بردار ویژگی تحت عنوان بردارهای مرکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات انتخاب‌شده و فاصله بردارهای ویژگی متناظر با پیکسل‌های واقع در هر بلوک تا بردارهای مرکز خوشه‌ها

^۱ Labeling

DM1 و DM2 نیز مقادیر تصویر اختلاف متناظر با پیکسل‌های تغییرات و عدم تغییرات در ماسک باینری ایجاد شده در معادله (۴) باشند، میانگین پیکسل‌های تغییرات و عدم تغییرات طبق روابط (۵) و (۶) مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

$$MEAN_change = \left(\frac{1}{N1}\right) * \sum_{(a,b) \in change} DM1(a,b) \quad (5)$$

$$MEAN_unchange = \left(\frac{1}{N2}\right) * \sum_{(a,b) \in unchange} DM2(a,b) \quad (6)$$

سپس فاصله تمامی پیکسل‌های تصویر اختلاف اولیه تا مراکز خوشه کلی بر اساس فاصله اقلیدسی محاسبه می‌گردد. چنانچه پیکسل‌های واقع در تصویر اختلاف به صورت $\{j = 1: P \times Q\}$ نشان داده شود و S مبین میانگین تغییرات و عدم تغییرات حاصل شده در روابط (۵) و (۶) باشد، فاصله اقلیدسی D_T مطابق با رابطه (۷) محاسبه می‌گردد.

$$D_T = \sqrt{\sum |K_j - S|} \quad (7)$$

هدف اصلی پیدا کردن بردارهای متناظر با مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات در هر بلوک می‌باشد که قادر باشند به طور هم‌زمان مجموع فواصل اقلیدسی واقع در هر بلوک و فواصل اقلیدسی حاصل از کل تصویر (۸) را می‌نیمیم نماید.

$$\min \sum d_{mn} + D_T \quad (8)$$

در صورتی که تصویری با ابعاد 400×400 داشته باشیم و بخواهیم روش پیشنهادی را با ۴ بلوک تصویری و در مجموع ۸ مرکز خوشه مورد بررسی قرار دهیم، در هر بلوک می‌بایست $\binom{200 \times 200}{2}$ حالت را که معادل با 7998×10^4 حالت می‌باشد را مورد آزمایش قرار دهیم که مستلزم هزینه محاسباتی بالا و عملاً ناممکن می‌باشد. یافتن جواب مطلوب برای مسئله مذکور معادل با حل مسئله بهینه‌سازی خواهد بود. بدین منظور از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده شده است. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات،

الگوریتمی جمعیت مبناست که اولین بار برای مینیمم سازی مسائل غیر مقید پیشنهاد گردید. در سیستم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چندین راه حل به صورت هم‌زمان وجود دارند و با یکدیگر همکاری می‌کنند [۱۹]. این روش با جمعیتی از راه حل‌های اولیه آماده‌سازی شده و در هر راه حل بالقوه نیز سرعتی تصادفی معین می‌شود، هر راه حل بالقوه ذره‌ای نامیده می‌شود که در فضای مسئله حرکت می‌کند [۲۰]. ذرات مورد بحث در این مسئله همان بردارهای متناظر با مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات در تمامی بلوک‌ها می‌باشند. ذرات در فضای جست‌وجوی چندبعدی به وسیله ردیابی حرکت ذراتی با بهترین فیت شدگی (بهترین هزینه) پرواز می‌کنند [۲۱]. تابع هزینه مورد بحث که بهترین فیت شدگی بر اساس آن معین می‌گردد، تابع معادله (۸) می‌باشد. در این الگوریتم هر ذره با معادلات سرعت و موقعیت در فضای جست‌وجو حرکت می‌کند که در رابطه (۹) و (۱۰) نشان داده شده است.

$$V_{ij}^{(t+1)} = W_{ij}^t \times V_{ij}^t + C_1 \times \text{rand1}(Pbest^t - X_{ij}^t) + C_2 \times \text{rand2}(gbest^t - X_{ij}^t) \quad (9)$$

$$X_{ij}^{(t+1)} = X_{ij}^{(t)} + V_{ij}^{(t+1)} \quad (10)$$

در رابطه (۹) V_{ij}^t سرعت ذره i ام در بعد j ام در زمان t می‌باشد و W_{ij}^t نشان دهنده وزن اینرسی و کنترل کننده میزان تأثیر پارامترهای زمان قبل (مسیر حرکت قبلی) بر روی زمان جدید می‌باشد. $X_{ij}^{(t)}$ موقعیت ذره، $Pbest^t$ بهترین موقعیت خود ذره از ابتدا تا رسیدن به موقعیت فعلی و $gbest^t$ بهترین موقعیت کسب شده توسط تمامی ذرات شرکت کننده را نشان می‌دهد. rand1 و rand2 نیز مقادیری تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک و پارامترهای $c1$ و $c2$ پارامترهایی ثابت می‌باشند. در رابطه (۱۰) نحوه به روزرسانی موقعیت در زمان $t+1$ نمایش داده شده است [۲۲، ۲۳]. ذراتی با مینیمم هزینه ماتریس باینری مطلوب را که معادل با نقشه تغییرات نهایی است ایجاد می‌کنند.

۲-۶- معیارهای ارزیابی نتایج

ارزیابی دقت یکی از مهم‌ترین بخش‌های فرآیند طبقه‌بندی و شناسایی تغییرات محسوب می‌شود که

$$MA = \frac{FT}{M} \quad (12)$$

$$CH.A = \frac{TT}{N} \quad (13)$$

$$UNCH.A = \frac{FF}{M} \quad (14)$$

$$OA = \frac{TT + FF}{M + N} \quad (15)$$

۳- خروجی ها و تحلیل نتایج

در این بخش به نتایج حاصل از پیاده سازی روش های پیشنهادی پرداخته شده است. در ابتدا به معرفی مناطق مورد مطالعه پرداخته شده است و سپس به بررسی های انجام شده در زمینه تکنیک پیشنهادی پرداخته شده است. روش پیشنهادی با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شده است. پیش پردازش های اولیه در نرم افزار ENVI انجام شده است.

۳-۱- داده ها و منطقه مورد مطالعه

به منظور ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی دو مجموعه داده حقیقی از مناطق آلاسکا و دریاچه ارومیه مورد ملاحظه قرار گرفته شده است. مشخصات مناطق مورد نظر در جدول ۲ ارائه شده است. هر دو منطقه با ابعاد تصویری 400×400 می باشند. داده تست منطقه آلاسکا متشکل از 105264×105264 پیکسل نمایش دهنده عدم تغییرات و 35579×35579 پیکسل نمایش دهنده تغییرات می باشد. داده تست منطقه ارومیه نیز متشکل از 125083×125083 پیکسل می باشد که 97691×97691 پیکسل نماینده عدم تغییرات و 27392×27392 پیکسل نماینده تغییرات می باشد.

روش های مختلفی به منظور محاسبات و تفاسیر آن ارائه شده است [۲۴]. در برخی از تحقیقات به منظور بررسی میزان تغییرات الگوریتم پیشنهادی نسبت به تغییر پارامترهای ذات خود الگوریتم، تحلیل حساسیت انجام شده است [۲۵]. در این تحقیق از معیار آلازم های از دست رفته^۱، تعداد پیکسل های تغییراتی که به اشتباه به عنوان عدم تغییرات شناسایی شده اند، آلازم های اشتباه^۲، تعداد پیکسل های عدم تغییراتی که به اشتباه به عنوان تغییرات شناسایی شده اند، دقت کلی^۳، تعداد کل پیکسل هایی که به درستی در کلاس خود شناسایی شده اند، دقت تغییرات^۴، تعداد پیکسل های تغییراتی که به درستی شناخته شده اند و دقت عدم تغییرات^۵، تعداد پیکسل های عدم تغییراتی که به درستی شناخته شده اند، به منظور ارزیابی روش پیشنهادی استفاده شده است. تحلیل حساسیت نیز بر روی پارامترهای ورودی الگوریتم صورت پذیرفته شده است. به منظور بررسی میزان قدرت و استحکام الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم های K-Means ساده، K-Medoids ساده، روش خوشه بندی فازی Fuzzy C-means، روش حد آستانه گذاری Otsu مورد مقایسه قرار گرفته شده است. نمونه ای از یک ماتریس ابهام در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- نمونه ای از یک ماتریس ابهام

تصویر خروجی تصویر تست	پیکسل های تغییرات	پیکسل های عدم تغییرات
پیکسل های تغییرات	TT	TF
پیکسل های عدم تغییرات	FT	FF

پارامترهای M, N به ترتیب تعداد کل داده های تست تغییرات و عدم تغییرات باشد. پارامترهای ارزیابی دقت مطابق با فرمول های زیر ارائه می گردد:

$$FA = \frac{TF}{N} \quad (11)$$

^۱ Missed alarm(MA)

^۲ False alarm(FA)

^۳ Overall accuracy(OA)

^۴ Change accuracy(CH.A)

^۵ unchanged accuracy(UNCH.A)

جدول ۲- مشخصات مناطق مورد مطالعه در روش پیشنهادی

منطقه مورد مطالعه	ابعاد پیکسل (متر)	سنجده	سیستم تصویر	مختصات جغرافیایی بر حسب درجه	مختصات جغرافیایی بر حسب متر	زمان تصویربرداری	تعداد باندها
آلاسکا	۳۰	Landsat	N۵UTM, Zone	W۷/۶۴۰۷'۱۵۳ N۹/۴۰'۴۱'۷۰	۴۹۵۶۱۵ ۷۸۴۲۳۷۵	۱۹۸۵/۳/۲۰ ۲۰۰۵/۴/۱۹	۷
دریاچه ارومیه	۳۰	Landsat	N۳۸UTM, Zone	E۴۲/۹۳'۰۲۳'۴۵ N۱۲/۵'۴۸'۳۷	۵۳۴۷۹۵ ۴۱۸۴۰۸۵	۲۰۰۶/۸/۳۰ ۲۰۱۱/۸/۱۳	۷

۳-۲- تحلیل نتایج

به منظور بررسی ضرورت روش پیشنهادی، ۳ آزمایش مختلف به منظور تهیه نقشه تغییرات طراحی گردید. در آزمایش اول، تصویر ویژگی ایجاد شده در قسمت ۲-۳ به ۴ بلوک شکسته شده و برای هر بلوک دو بردار ویژگی بهینه به صورت مجزا تحت عنوان مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ذرات و با تابع هزینه ارائه شده در معادله (۳) تولید شده و نقشه تغییرات نهایی با در کنار هم قرار دادن نقشه تغییرات هر بلوک در کنار یکدیگر ایجاد شده است. در آزمایش دوم نیز تصویر ویژگی به ۴ بلوک

شکسته شده و بردار مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات به صورت هم زمان برای تمامی بلوک ها و با هدف مینیمم نمودن مجموع هزینه تمامی بلوک ها حاصل شده است. در آزمایش سوم نیز، به بررسی روش پیشنهادی مقاله بر روی تصویر ویژگی که به ۴ بلوک شکسته شده پرداخته شده است. سه آزمایش مذکور بر روی تصویر ویژگی باند ۴ منطقه آلاسکا پیاده سازی شده است. نتایج نقشه های خروجی در سه حالت مذکور در شکل ۴ نمایش داده شده است. نتایج ارزیابی دقت نیز در جدول ۳ آورده شده است.



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۴- در تمامی نقشه رنگ سبز تغییرات و رنگ آبی عدم تغییرات را نمایش می دهد. (الف) نقشه تغییرات حاصل از کنار هم قرار دادن خروجی هر بلوک به صورت مجزا در باند ۴ (ب) نقشه تغییرات حاصل شده از کنار هم قرار دادن مجموع هزینه بلوک ها با یکدیگر در باند ۴، (ج) نقشه تغییرات حاصل از تابع هزینه روش پیشنهادی در باند ۴

جدول ۳- مقادیر ارزیابی دقت حاصل از سه آزمایش طراحی شده، بر روی باند ۴ منطقه آلاسکا

آلارم از دست رفته	آلارم اشتباه	دقت کلی	دقت تغییرات	دقت عدم تغییرات	تکرار	جمعیت	روش
۰/۰۵	۰/۰۹	۹۳/۴۴	۹۰/۶۶	۹۴/۳۸	۱۰۰۰	۲۰	هر بلوک مجزا (آزمایش اول)
۰/۰۷	۰/۰۶	۹۲/۹۵	۹۳/۰۹	۹۲/۹۱	۱۰۰۰	۲۰	مجموع هزینه ی بلوک ها (آزمایش دوم)
۰/۰۶	۰/۰۵	۹۴/۲۶	۹۴/۵۴	۹۳/۳۸	۱۰۰۰	۲۰	مجموع هزینه کلی و جزئی (روش پیشنهادی)

با توجه به نتایج جدول ۳، روش پیشنهادی با جمعیت و تکراری یکسان در مقایسه با روش های ارائه شده در

آزمایش های اول و دوم، دقت کلی بالاتر و در عین حال کمترین آلارم اشتباه را نشان می دهد. بدین سبب تابع

تأثیر ترکیب اطلاعات باندی در روش پیشنهادی، خروجی هر یک از باندها به صورت بلوک بندی ۴ تایی و با تابع هزینه پیشنهادی برای هر باند به صورت مجزا و به صورت ترکیبی در جدول ۴ آورده شده است.

هزینه مناسب تری محسوب می شود. بهبود دقت تغییرات ۱/۵ و ۳/۵ درصدی در پیکسل های تغییرات نسبت به آزمایش دوم و اول که به ترتیب معادل با شناسایی ۵۳۴ و ۱۲۴۵ پیکسل می باشد، نمایانگر کارایی تابع هزینه ارائه شده در روش پیشنهادی می باشد. به منظور بررسی

جدول ۴- ارزیابی نتایج حاصل از خروجی نقشه تغییرات منطقه آلاسکا و ارومیه برای هر باند به صورت مجزا و در ترکیب با یکدیگر با در نظر گرفتن ۴ بلوک

شماره باند	منطقه آلاسکا			منطقه ارومیه		
	دقت عدم تغییرات	دقت تغییرات	دقت کلی	دقت عدم تغییرات	دقت تغییرات	دقت کلی
۱	۳/۶۸	۶۲/۵۶	۴۸/۶۷	۹۷/۵۷	۸۷/۵۹	۹۵/۳۸
۲	۲۷/۷۱	۷۴/۸۲	۳۹/۳۵	۹۴/۰۷	۸۱/۲۳	۹۱/۲۶
۳	۴۱/۱۰	۹۳/۱۹	۵۳/۹۸	۹۱/۶۲	۸۹/۷۵	۹۱/۲۱
۴	۹۳/۳۸	۹۴/۵۴	۹۴/۲۶	۹۷/۶۲	۹۴/۱۴	۹۶/۸۶
۵	۹۹/۵۲	۸۸/۵۶	۹۶/۸۱	۸۴/۲۶	۹۱/۳۲	۸۵/۸۰
۶	۹۹/۷۴	۸۷/۹۱	۹۶/۸۲	۹۶/۸۷	۸۹/۴۴	۹۵/۲۵
۷	۹۹/۷۶	۸۷/۸۲	۹۶/۸۱	۹۹/۹۹	۹۰/۴۳	۹۷/۹۰
تصویر ترکیبی	۹۹/۵۷	۸۹/۷۷	۹۷/۱۵	۹۹/۵۸	۹۸/۴۶	۹۹/۳۳

خروجی نقشه تغییرات تمامی باندها به یک پیکسل) استفاده شده است. با ترکیب اطلاعات باندهای متفاوت دقت کلی نقشه تغییرات ترکیبی در مناطق آلاسکا و ارومیه به بالاترین مقدار خود، به ترتیب به ۹۷/۱۵ و ۹۹/۳۳ درصد نسبت به سایر نقشه های تغییرات حاصل شده به صورت تک باند رسیده است. به منظور بررسی تأثیر تغییر تعداد بلوک ها بر روی دقت شناسایی تغییرات نقشه تغییرات ترکیبی حاصل از تمامی باندها به صورت تک بلوک، ۴ بلوک، ۱۶ بلوک و ۲۵ بلوک مورد بررسی قرار گرفته شده است.

همان طور که در جدول ۴ نشان داده شده، دقت کلی حاصل از هر باند در مناطق آلاسکا و ارومیه به صورت مجزا و با در نظر گرفتن تصویر تست یکسان از دقت های متفاوتی برخوردار است. در منطقه آلاسکا باند ۴ با دقت تغییرات ۹۴/۵۴ و باند ۷ با دقت عدم تغییرات ۹۹/۷۶ بالاترین دقت را فراهم نموده اند، در منطقه ارومیه باند ۷ با دقت ۹۹/۹۹ بیشترین دقت عدم تغییرات را نسبت به سایر باندها فراهم نموده است. به منظور حفظ اطلاعات نقشه تغییرات حاصل از تمامی باندها از روش رأی اکثریت (اختصاص کلاس غالب در

جدول ۵- ارزیابی دقت تأثیر تعداد بلوک های متفاوت در دو منطقه مورد مطالعه

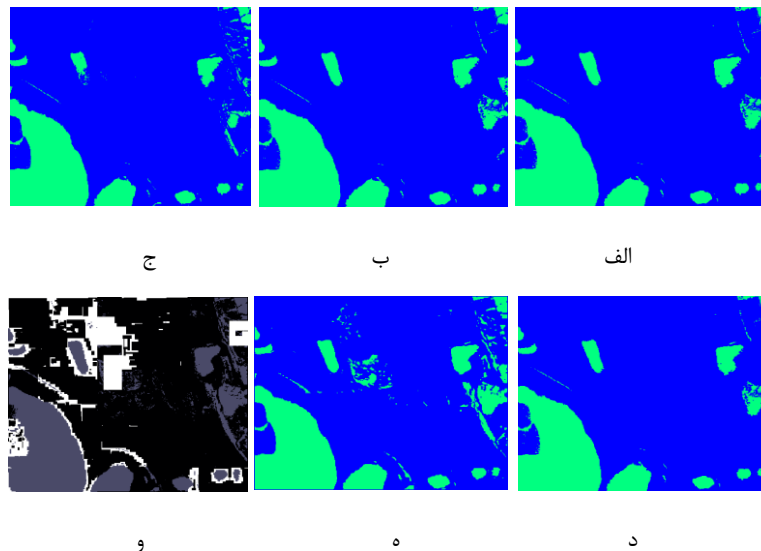
	تعداد بلوک ها	جمعیت	تکرار	دقت عدم تغییرات	دقت تغییرات	دقت کلی	آلارم اشتباه	آلارم از دست رفته
منطقه آلاسکا	۱	۲۰	۵۰۰۰	۹۹/۹۹	۷۹/۳۱	۹۴/۸۸	۰/۲۰	۰۰۰۰
	۴	۲۰	۵۰۰۰	۹۹/۵۷	۸۹/۷۷	۹۷/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۰۴
	۱۶	۲۰	۱۰۰۰۰	۹۸/۵۷	۸۶/۶۵	۹۵/۵۶	۰/۱۳	۰/۰۱۴
	۲۵	۲۰	۱۰۰۰۰	۹۷/۰۵	۸۸/۴۸	۹۴/۸۹	۰/۱۱	۰/۰۰۲
منطقه ارومیه	۱	۲۰	۵۰۰۰	۹۹/۴۶	۹۲/۲۵	۹۷/۸۸	۰/۰۷	۰/۰۰۵
	۴	۲۰	۵۰۰۰	۹۹/۵۸	۹۸/۴۶	۹۹/۳۳	۰/۰۱	۰/۰۰۴
	۱۶	۲۰	۱۰۰۰۰	۹۹/۱۷	۹۴/۶۴	۹۸/۱۸	۰/۰۵	۰/۰۰۸
	۲۵	۲۰	۱۰۰۰۰	۹۸/۵۴	۹۴/۷۰	۹۷/۶۹	۰/۰۵	۰/۰۰۱

و ۱۰۰۰ و با توجه به نتایج جدول ۵، بلوک بندی تصویر به صورت ۴ بلوک قادر به شناسایی تغییرات بالاتری نسبت به حالت تک بلوک و ۱۶ بلوک بوده است این افزایش درصد

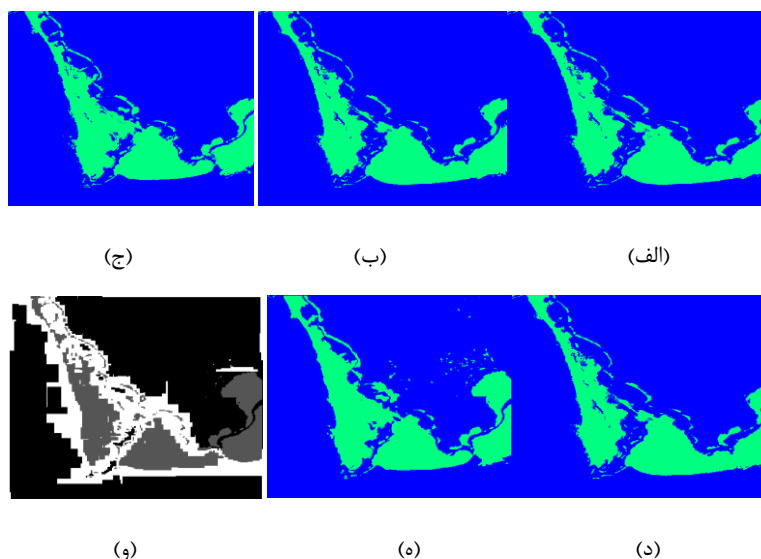
با بررسی های صورت پذیرفته بر روی تصاویر اختلاف حاصل از تمامی باندها در منطقه آلاسکا به صورت تک بلوک، ۴ بلوک و ۱۶ بلوک ۲۵ بلوک، با جمعیت اولیه ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰

شناسایی تغییرات نسبت به روش تک بلوکه افزایش ۱۰/۴۶ درصدی و نسبت به روش ۱۶ بلوکه افزایش ۰/۷۲ درصدی و نسبت به حالت ۲۵ بلوکه افزایش ۱/۲۹ درصدی را نشان می‌دهد. درعین حال تقسیم‌بندی ۴ بلوکه ۲/۲۷ درصد افزایش تغییرات کلی نسبت به حالت تک بلوکه و ۲/۷۹ درصد نسبت به روش ۱۶ بلوکه و ۲/۲۶ درصد نسبت به حالت ۲۵ بلوکه را نشان می‌دهد. در منطقه ارومیه نقشه تغییرات ترکیبی حاصل از ۷ باند با در نظر گرفتن ۴ بلوک برای هر یک از باندها و تولید در مجموع ۸ مرکز خوشه برای هر باند بالاترین دقت تغییرات و عدم تغییرات و دقت کلی و کمترین آلارم اشتباه و ازدست‌رفته

را نشان می‌دهد. افزایش دقت تغییرات نسبت به حالت تک بلوکه و ۱۶ بلوکه و ۲۵ بلوکه به ترتیب ۶/۲۱ و ۳/۸۲ و ۳/۷۶ درصد می‌باشد که به ترتیب معادل با شناسایی ۱۷۰۱ و ۱۰۴۶ و ۱۰۲۰ پیکسل تغییرات نسبت به حالات قبل می‌باشد. به‌منظور بررسی مقایسه دقت نسبی خروجی روش پیشنهادی با خروجی روش K-Means ساده، K-Medoids، روش FUZZY-C-Means و روش حد آستانه گذاری Otsu مورد مقایسه قرار گرفته شده. در تمامی حالات نقشه خروجی حاصل از به‌کارگیری اطلاعات ۷ باند تصویری و در دو خوشه تغییرات و عدم تغییرات می‌باشد.



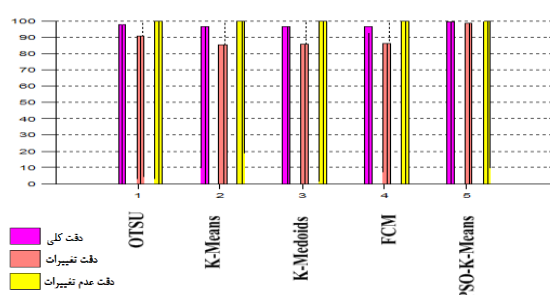
شکل ۵- در تمامی نقشه رنگ سبز تغییرات و رنگ آبی عدم تغییرات را نمایش می‌دهد. منطقه آلاسکا (الف) نقشه تغییرات روش K-Medoids (ب) نقشه تغییرات FCM با $q=2$ (ج) نقشه تغییرات روش Otsu، (د) نقشه تغییرات روش k-Means، (ه) خروجی روش پیشنهادی به ازای ۴ بلوک (و) تصویر تست منطقه آلاسکا



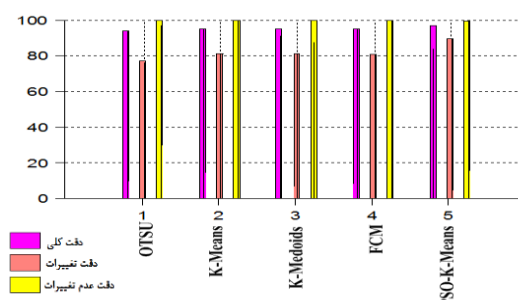
شکل ۶- در تمامی نقشه رنگ سبز تغییرات و رنگ آبی عدم تغییرات را نمایش می‌دهد. منطقه ارومیه (الف) نقشه تغییرات روش K-Medoids (ب) نقشه تغییرات FCM با $q=2$ (ج) نقشه تغییرات روش Otsu، (د) نقشه تغییرات روش k-Means، (ه) خروجی روش پیشنهادی به ازای ۴ بلوک، (و) تصویر تست منطقه ارومیه

جدول ۶- ارزیابی نتایج حاصل از خروجی نقشه تغییرات حاصل از روش‌های مختلف

آلارم ازدست‌رفته	آلارم اشتباه	دقت کلی	دقت عدم تغییرات	دقت تغییرات	نام روش	
۰/۰۰۱	۰/۲۲	۹۴/۱۲	۹۹/۸۱	۷۷/۲۷	روش حد آستانه گذاری Otsu	منطقه آلاسکا
۰/۰۰۲	۰/۱۸	۹۵/۰۸	۹۹/۷۷	۸۱/۱۷	روش K-means	
۰/۰۰۲	۰/۱۸	۹۵/۱۲	۹۹/۷۷	۸۱/۳۷	روش K-Medoids	
۰/۰۰۲	۰/۱۸	۹۵/۰۴	۹۹/۷۸	۸۱/۰۴	روش fuzzy-C-Means q=2	
۰/۰۰۴	۰/۱۰	۹۷/۱۵	۹۹/۵۷	۸۹/۷۷	روش پیشنهادی با در نظر گرفتن ۴ بلوک	
۰/۰۰۳	۰/۰۹	۹۷/۶۶	۹۹/۶۷	۹۰/۵۲	روش حد آستانه گذاری Otsu	منطقه ارومیه
۰/۰۰۱	۰/۱۴	۹۶/۷۱	۹۹/۸۵	۸۵/۵۲	روش K-means	
۰/۰۰۱	۰/۱۴	۹۶/۷۷	۹۹/۸۷	۸۵/۷۲	روش K-Medoids	
۰/۰۰۱	۰/۱۴	۹۶/۸۰	۹۹/۸۴	۸۵/۹۷	روش fuzzy-C-Means q=2	
۰/۰۰۴	۰/۰۱	۹۹/۳۳	۹۹/۵۸	۹۸/۴۶	روش پیشنهادی با ۴ بلوک	



(ب)

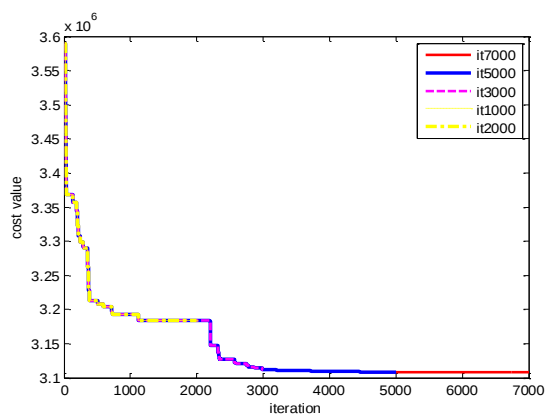


(الف)

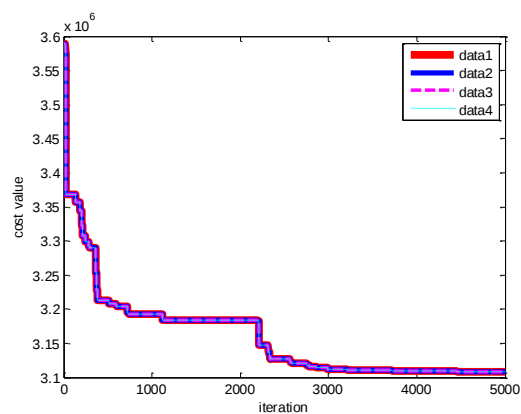
شکل ۷- نمودار میله ای ارزیابی مقایسه ای روش پیشنهادی و روش های Otsu ، K-Means ، K-Medoids ، FCM (الف) نتایج منطقه آلاسکا، (ب) نتایج منطقه ارومیه

روش پیشنهادی بر اساس تغییر پارامترهای خود روش صورت پذیرفته است [۲۶]. بدین منظور روش پیشنهادی برای ۴ بلوک با جمعیت ۲۰ و تکرارهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ و ۵۰۰۰ و ۷۰۰۰ برای باند ۴ منطقه آلاسکا مورد بررسی قرار گرفته شده است تا روند تأثیر تکرارهای متفاوت بر روی نتایج حاصله مورد آنالیز قرار گیرد. به منظور بررسی تأثیر انتخاب جمعیت اولیه، روش پیشنهادی با جمعیت‌ها ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ با تکرار ۱۰۰۰ برای حالت ۴ بلوکه در منطقه آلاسکا در باند ۴ مورد بررسی قرار گرفته شده است. نمودار همگرایی با جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰ چندین بار اجرا شده تا تغییرات نمودار همگرایی در هر بار مورد بررسی قرار گیرد. نمودار همگرایی تصاویر ۲۵ بلوکه منطقه آلاسکا و ارومیه در حالت جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ نیز مورد آنالیز قرار گرفته شده است.

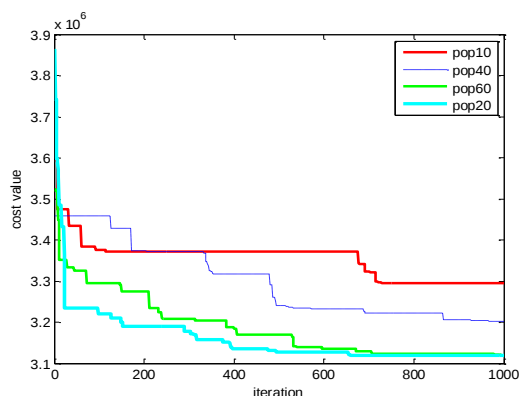
همان‌طور که در جدول ۶ و شکل ۷ نمایش داده شده است، در منطقه آلاسکا روش پیشنهادی از بالاترین دقت شناسایی تغییرات و کوچک‌ترین آلارم اشتباه از میان روش‌های حد آستانه گذاری Otsu روش خوشه‌بندی K-Means و K-Medoids و fuzzy-C-Means برخوردار است. این افزایش دقت به اندازه ۱۲/۵ درصد نسبت به روش Otsu، ۸/۶ درصد نسبت به روش K-Means، ۸/۴ درصد نسبت به روش K-Medoids و ۸/۷۳ و ۸/۸ درصد نسبت به روش فازی C-Means نشان داده شده است. در منطقه ارومیه نیز روش پیشنهادی کمترین آلارم اشتباه و ازدست‌رفته را نسبت به روش‌های مقایسه شده نشان می‌دهد و افزایش ۸ تا ۱۲ درصدی در شناسایی محل تغییرات و افزایش حدود ۳ درصد در دقت کلی که حدوداً معادل با ۳۷۵۳ پیکسل می‌باشد را نشان داده است. آنالیز حساسیت نیز به منظور تعیین استحکام و قابلیت اطمینان



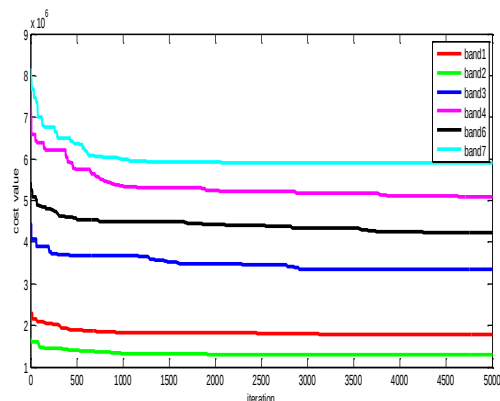
(ب)



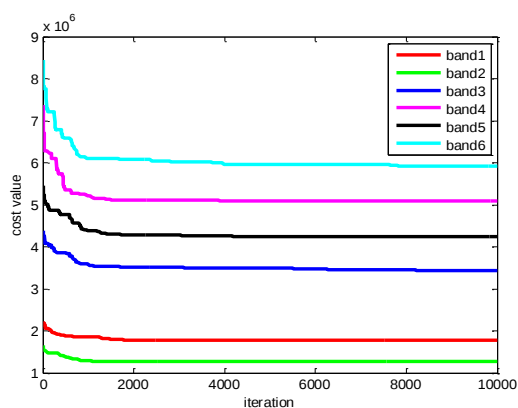
(الف)



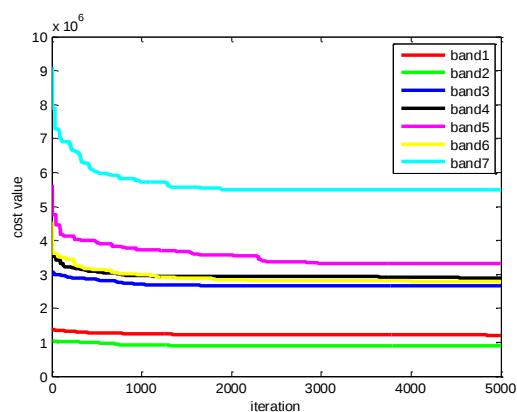
(د)



(ج)

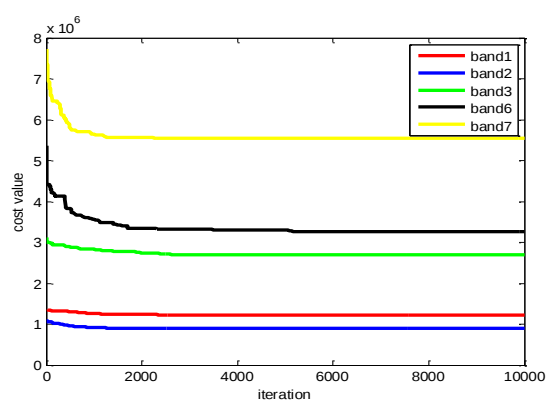


(و)



(ه)

شکل ۸- الف) نمودار همگرایی منطقه ۴ آلاسکا به ازای ۴ بار ران با جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰، ب) بررسی روند تغییرات نمودار همگرایی به ازای جمعیت ۲۰ و تکرارهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ و ۷۰۰۰ در باند ۴ آلاسکا، ج) نمودار همگرایی منطقه ارومیه به ازای ۲۵ بلوک و جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰، د) بررسی روند تغییرات همگرایی به ازای جمعیت ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ و تکرار ۱۰۰۰ برای باند ۴ آلاسکا، ه) بررسی روند همگرایی منطقه آلاسکا با ۲۵ بلوک به ازای جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰، و) بررسی روند همگرایی منطقه ارومیه به ازای ۲۵ بلوک با جمعیت ۲۰ و تکرار ۱۰۰۰۰، ز) بررسی روند همگرایی منطقه آلاسکا به ازای ۲۵ بلوک با جمعیت ۲۰ و تکرار ۱۰۰۰۰



(ز)

همان‌طور که در شکل ۸ قسمت (الف) نشان داده شده است نمودار همگرایی حاصل از منطقه آلاسکا با جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰ با ۴ بار تکرار تغییری نداشته و بر هم منطبق می‌باشند. در قسمت (ب)، روند تأثیر تکرارهای مختلف با جمعیت یکسان ۲۰ در حالت ۴ بلوک موردبررسی قرار گرفته شده است. نتایج حاکی از همگرایی نمودارها با تکرارهای ۵۰۰۰ و ۷۰۰۰ می‌باشد. بدین ترتیب تکرار ۵۰۰۰ با صرف زمان کمتر مناسب‌تر خواهد بود. در قسمت (د) تأثیر جمعیت‌های مختلف با تکرار یکسان در حالت ۴ بلوک نمایش داده شده است، در مقایسه نمودار همگرایی جمعیت ۲۰ و ۴۰ رفتار ایده‌آل از خود نشان می‌دهند، زمان همگرایی با جمعیت اولیه ۴۰ حدود ۲ برابر نسبت به جمعیت ۲۰ افزایش یافته است و بدین ترتیب جمعیت اولیه ۲۰ به‌عنوان جمعیت مناسب می‌تواند در نظر گرفته شود. در قسمت (ج)، (و)، (ه) و (ز) به ترتیب نمودار همگرایی حاصل از منطقه ارومیه و آلاسکا برای حالت ۲۵ بلوک با تکرارهای ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ را در باندهای مختلف نشان می‌دهد، در حالت تکرار ۵۰۰۰ نمودار باندهای مختلف همگرایی نسبی را نشان می‌دهند منتهی باند ۶ در تکرار ۴۵۰۰ دچار تغییر شده که نشان‌دهنده عدم همگرایی می‌باشد به‌منظور بررسی بیشتر تکرار ۱۰۰۰۰ موردبررسی قرار گرفته شده است، نتایج حاصل حاکی از همگرایی تمام نمودارها می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر روش شناسایی تغییراتی بر اساس ترکیب روش خوشه‌بندی K-Means و بهینه‌سازی ازدحام ذرات با در نظر گرفتن اطلاعات همسایگی پیکسل‌ها ارائه شده است. در روش ارائه شده تصویر به بلوک‌هایی با ابعاد مختلف شکسته شده و نقشه تغییرات برای هر باند تصویری با در نظر گرفتن دو بردار ویژگی بهینه تحت عنوان مراکز خوشه هر بلوک حاصل شده است، درواقع

بردارهای ویژگی بهینه، بردارهایی می‌باشند که علاوه بر مینیمم نمودن هزینه در هر بلوک هزینه حاصل از کل تصویر را نیز می‌نیم نمایند و علاوه بر کشف تغییرات محلی به حفظ اطلاعات کلی تصویر نیز بپردازد و از محلی شدن بیش‌ازحد نیز جلوگیری شود. به‌منظور بررسی دقت و قدرت روش پیشنهادی نیز خروجی نقشه تغییرات حاصل از دو پایگاه داده مرتبط با منطقه آلاسکا و دریاچه ارومیه به‌صورت مطلق با استفاده از داده تست و به‌صورت نسبی در مقایسه با روش‌های دیگر ازجمله روش‌های خوشه‌بندی K-Means ساده و K-Medoids و روش Fuzzy-C-Means و روش حدآستانه‌گذاری Otsu مورد مقایسه قرار گرفته شده است. نتایج افزایش حدود ۸ تا ۱۲ درصدی در شناسایی تغییرات منطقه آلاسکا ارومیه و افزایش دقت کلی ۲ تا ۳ درصدی و کاهش ۰/۰۸ آلارم اشتباه را نشان می‌دهد. به‌منظور بررسی قدرت و قابلیت اطمینان روش پیشنهادی نیز آنالیز حساسیت بر روی پارامترهای الگوریتم صورت پذیرفته شده است. بررسی نحوه تأثیر پارامترهای جمعیت و تکرار در روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات بر روی روند شناسایی تغییرات و همچنین بررسی تأثیر ترکیب اطلاعات باندی بر روی نتایج شناسایی تغییرات و آنالیز تعداد بلوک‌های مختلف ازجمله این بررسی‌ها می‌باشد. نتایج حاکی از قابلیت اطمینان روش پیشنهادی است.

۵- پیشنهادات

به منظور بررسی های بیشتر پیاده سازی روش پیشنهادی و بررسی جوانب آن در تصاویر رادار با گشودگی مصنوعی پیشنهاد می شود، همچنین بررسی دیگر روش های بهینه سازی و دیگر روش های خوشه بندی به جای روش ها و الگوریتم های استفاده شده در این مقاله به منظور بررسی کارایی دیگر روش ها پیشنهاد می گردد.

مراجع

- [1] Zhong, J., Change detection based on multitemporal remote sensing image. Graduate School of National University of Defense Technology, Hunan, China, 2005.
- [2] Torma, M., P. Harma, and E. Jarvenpaa. Change detection using spatial data problems and challenges. in Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. IGARSS 2007. IEEE International. 2007. IEEE.
- [3] Janalipour, M. and A. Mohammadzadeh, Building damage detection using object-based image analysis and ANFIS from high-resolution image (Case study: BAM earthquake, Iran). IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2016. 9(5): p. 1937-1945.

- [4] Janalipour, M. and A. Mohammadzadeh.(2017), "A Fuzzy-GA Based Decision Making System for Detecting Damaged Buildings from High-Spatial Resolution Optical Images. *Remote Sensing*". 9(4): p. 349.
- [5] Singh, A.(1989), "Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing*". 10(6): p. 989-1003.
- [6] Du, P. Liu,S. Gamba,P. Tan,K.(2012), "Fusion of difference images for change detection over urban areas. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*". 5(4): p. 1076-1086.
- [7] Hussain,M. Chen, D. Cheng, A. Wei, H.(2013), "Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*". 80: p. 91-106.
- [8] Huang, L. Fang, Y. Zuo, X. Yu, X.(2015), "Automatic change detection method of multitemporal remote sensing images based on 2D-Otsu algorithm improved by firefly algorithm". *Journal of Sensors*.
- [9] Ghosh, A., N.S. Mishra, and S. Ghosh.(2011), "Fuzzy clustering algorithms for unsupervised change detection in remote sensing images". *Information Sciences*. 181(4): p. 699-715.
- [10] Bandyopadhyay, S.Maulik,U. Mukhopadhyay,A.(2007), "Multiobjective Genetic Clustering for Pixel Classification in Remote Sensing Imagery". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 45(5): p. 1506-1511.
- [11] Tang, Y. Qin, Y. Wen, H. Wu, G.(2011), "Change Detection of Multi-temporal Remote Sensing Data Using Wavelet-Based Fusion and K-Means Clustering". in *Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)*, International Conference IEEE.
- [12] Zhang, X., Wang,L. Jiao,L.(2011), "An unsupervised change detection based on clustering combined with multiscale and region growing". in *Multi-Platform/Multi-Sensor Remote Sensing and Mapping (M2RSM)*, International Workshop on. IEEE.
- [13] Celik, T.(2009), "Unsupervised change detection in satellite images using principal component analysis and-means clustering". *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 6(4): p. 772-776.
- [14] Gong, M. Zhou,Z. Ma,J.(2012), "Change detection in synthetic aperture radar images based on image fusion and fuzzy clustering". *IEEE Transactions on Image Processing*. 21(4):p. 2141-2151.
- [15] Raychaudhuri,A. Khandelwal,S. Chhalani, S. Kakarania, N.(2012), "Detection in Remote Sensing Images using Elitist Genetic". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*
- [16] Liang, S. Fang,H. Chen,M.(2001), "Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery". I. Methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 39(11): p. 2490-2498.
- [17] Lu, D. Mausel, P. Brondizio, E. Moran, E.(2002), "Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. *International Journal of Remote Sensing*". 23(13): p. 2651-2671.
- [18] Zitova, B . Flusser, J.(2003) "Image registration methods: a survey. *Image and vision computing*". 21(11): p. 977-1000.
- [19] Liu, B. Wang, L. Jin, Y. Tang, F. Huang, D.(2005), "Improved particle swarm optimization combined with chaos". *Chaos, Solitons & Fractals*. 25(5): p. 1261-1271.
- [20] Shi, Y.(2001), "Particle swarm optimization: developments, applications and resources. in *evolutionary computation*".*Proceedings of the Congress on. IEEE*.
- [21] Yang, B. Chen, Y. Zhao ,Z.(2007), "A hybrid evolutionary algorithm by combination of PSO and GA for unconstrained and constrained optimization problems". in *IEEE International Conference on Control and Automation*..
- [22] Kennedy, J.Eberhart,R.(1995), "Particle swarm optimization. in *Neural Networks, 1995. Proceedings*"., IEEE International Conference on.
- [23] Kusetogullari, H. Yavariabdi, A. Celik, T.(2015), "Unsupervised Change Detection in Multitemporal Multispectral Satellite Images Using Parallel Particle Swarm Optimization". *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 8(5): p. 2151-2164.
- [24] Lu, D. Mausel,P. Batistella,M.(2005), "Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: a comparative study". *International Journal of Remote Sensing*. 26(1): p. 101-114.
- [25] Janalipour ,M.Mohammadzadeh,A..(2015), "building damage determination after the earthquake by using ANFIS model and remotesensing imagery". *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*
- [26] Janalipour, M. Taleai,M.(2017), "Building change detection after earthquake using multi-criteria decision analysis based on extracted information from high spatial resolution satellite images". *International Journal of Remote Sensing*. 38(1): p. 82-99.