

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, FCM و K-Medoids نشان می دهد.

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

* نویسنده رابط

نسبت لگاریتمی^۳ تبدیل یافته، به تصویر اختلاف تبدیل شده، اضافه شده و تصویر تلفیقی ایجاد می‌شود. در مرحله 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 ارائه شده 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 ارائه شده 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

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 مقیاس‌ای 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 زمینه شناسایی تغییرات قرار گرفته است [۱۰]. در ادامه به بررسی برخی از روش‌های شناسایی تغییرات مبتنی بر خوشه‌بندی پرداخته شده است. در مقاله ارائه شده 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

^۳ Log-ratio

^۴ Mean_shift

^۵ Multi-scale decomposition

^۶ Region-growing

^۱ Monitoring

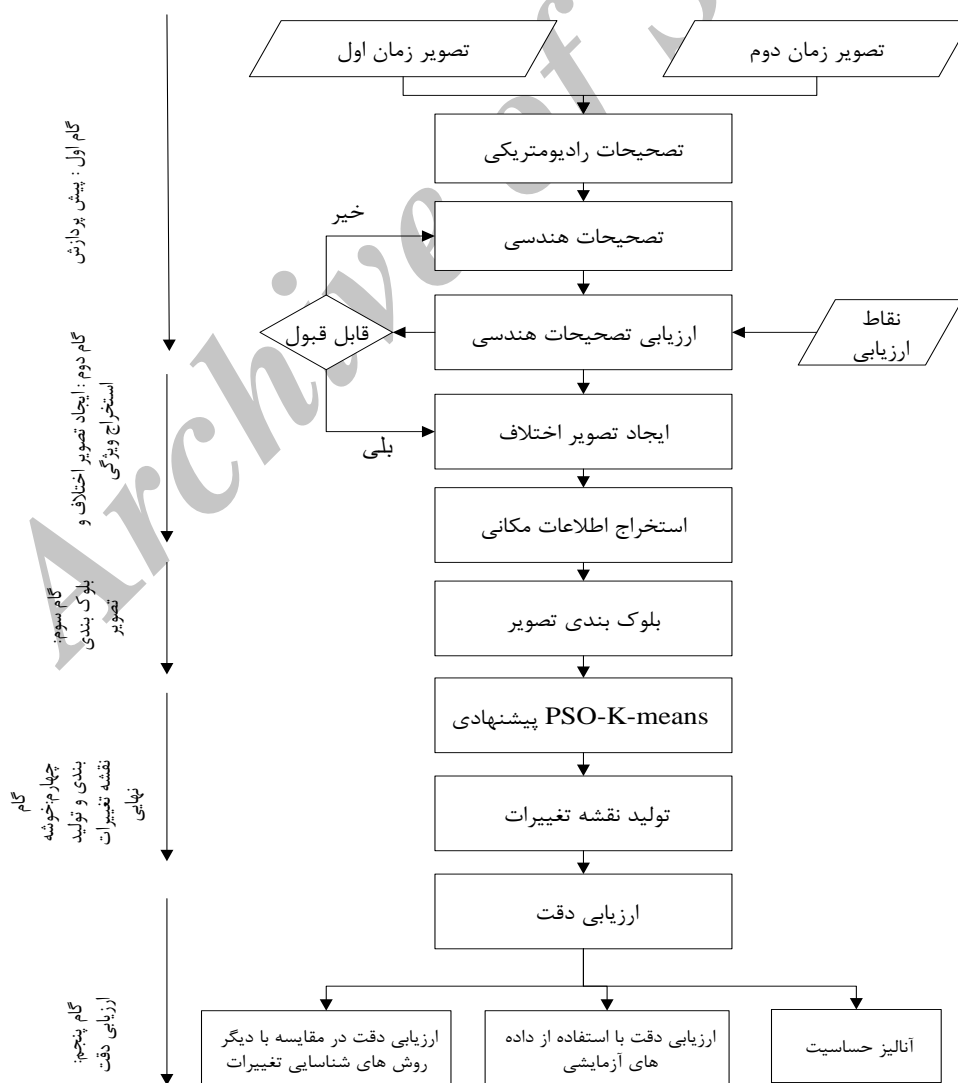
^۲ Log-ratio

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 خروجی پرداخته شده است. 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

$$V_{mni} = \{v_{i1}, v_{i2}, v_{i3}, v_{i4}, v_{i5}, v_{i6}, v_{i7}, v_{i8}, v_{i9}\}$$

داده شود و $i = \{1, 2\}$ به ترتیب نشان‌دهنده بردار مرکزی خوشه تغییرات و عدم تغییرات و n, m نیز مبین شمارنده‌های هر بلوک باشند و پیکسل‌های واقع در هر بلوک نیز با $U_{mnj} = \{u_{j1}, u_{j2}, u_{j3}, u_{j4}, u_{j5}, u_{j6}, u_{j7}, u_{j8}, u_{j9}\}$ به 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 نشانه‌گذاری^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، نشانه‌گذاری پیکسل‌های واقع در هر بلوک مطابق با رابطه (۴) صورت می‌پذیرد.

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

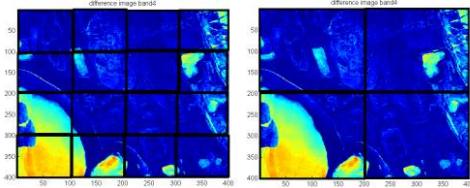
در مرحله بعد از مقادیر درجات خاکستری تصویر اختلاف اولیه که متناظر با پیکسل‌های تغییرات و عدم تغییرات ایجادشده در ماسک باینری معادله (۴) می‌باشند، میانگین‌گیری شده و دو مرکز خوشه کلی برای تصویر مورد محاسبه قرار می‌گیرد. چنانچه $N1$ و $N2$ به ترتیب نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌های تغییرات و عدم تغییرات،

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 به طوری 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 پیش‌نهادهی و 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 انتخاب شده و فاصله بردارهای ویژگی متناظر با پیکسل‌های واقع در هر بلوک تا بردارهای مرکز خوشه‌ها

^۱ Labeling

الگوریتمی جمعیت منبناست که اولین بار برای مینیمم سازی مسائل غیر مقید پیشنهاد گردید. در سیستم بهینه سازی ازدحام ذرات چندین راه حل به صورت هم زمان وجود دارند و با یکدیگر همکاری می کنند [۱۹]. این روش با جمعیتی از راه حل های اولیه آماده سازی شده و در هر راه حل بالقوه نیز سرعتی تصادفی معین می شود، هر راه حل بالقوه ذره ای نامیده می شود که در فضای مسئله حرکت می کند [۲۰]. ذرات مورد بحث در این مسئله همان بردارهای متناظر با مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات در تمامی بلوک ها می باشند. ذرات در فضای جست و جوی چند بعدی به وسیله ردیابی حرکت ذراتی با بهترین فیت شدگی (بهترین هزینه) پرواز می کنند [۲۱]. تابع هزینه مورد بحث که بهترین فیت شدگی بر اساس آن معین می گردد، تابع معادله (۸) می باشد. در این الگوریتم هر ذره با معادلات سرعت و موقعیت در فضای جست و جوی حرکت می کند. 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) سرعت ذره i ام در بعد j ام در زمان t می باشد و W_{ij}^t نشان دهنده وزن اینرسی و کنترل کننده میزان تأثیر پارامترهای زمان قبل (مسیر حرکت قبلی) بر روی زمان جدید می باشد. $X_{ij}^{(t)}$ 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 می دهد. rand1 و rand2 نیز مقادیری تصادفی با توزیع یکنواخت بین صفر و یک و پارامترهای $c1$ و $c2$ پارامترهایی ثابت می باشند. در رابطه (۱۰) نحوه به روز رسانی 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 می کنند.

۲-۶- معیارهای ارزیابی نتایج

ارزیابی دقت یکی از مهم ترین بخش های فرآیند طبقه بندی و شناسایی تغییرات محسوب می شود که

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

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

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

سپس فاصله تمامی پیکسل های تصویر اختلاف اولیه تا مراکز خوشه کلی بر اساس فاصله اقلیدسی محاسبه می گردد. چنانچه پیکسل های 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 می گردد.

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

هدف اصلی پیدا کردن بردارهای متناظر با مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات در هر بلوک می باشد که قادر باشند به طور هم زمان مجموع فواصل اقلیدسی واقع در هر بلوک و فواصل اقلیدسی حاصل از کل تصویر (۸) را می نیمم 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 می بایست $\binom{200 \times 200}{2}$ حالت را که معادل با 7998×10^4 حالت می باشد را مورد آزمایش قرار دهیم که مستلزم هزینه محاسباتی بالا و عملاً ناممکن می باشد. یافتن جواب مطلوب برای مسئله مذکور معادل با حل مسئله بهینه سازی خواهد بود. بدین منظور از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات استفاده شده است. الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات،

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

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

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

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

۳- خروجی‌ها و تحلیل نتایج

در این بخش به نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش‌های پیشنهادی پرداخته شده است. در ابتدا به معرفی مناطق مورد مطالعه پرداخته شده است و سپس به بررسی‌های انجام شده در زمینه تکنیک پیشنهادی پرداخته شده است. روش پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB انجام شده است. پیش‌پردازش‌های اولیه در نرم‌افزار ENVI انجام شده است.

۳-۱- داده‌ها 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 می‌باشند. داده تست منطقه آلاسکا متشکل از 105264 پیکسل نمایش‌دهنده عدم تغییرات و 35579 داده تست نشان‌دهنده پیکسل‌های تغییرات می‌باشد. تصویر تست منطقه ارومیه نیز متشکل از 125083 پیکسل می‌باشد که 97691 پیکسل نماینده عدم تغییرات و 27392 پیکسل نماینده تغییرات می‌باشد.

روش‌های 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 آلام‌های از دست‌رفته^۱، تعداد پیکسل‌های تغییراتی که به اشتباه به عنوان عدم تغییرات شناسایی شده‌اند، آلام‌های اشتباه^۲، تعداد پیکسل‌های عدم تغییراتی که به اشتباه به عنوان تغییرات شناسایی شده‌اند، دقت کلی^۳، تعداد کل پیکسل‌هایی که به درستی در کلاس خود شناسایی شده‌اند، دقت تغییرات^۴، تعداد پیکسل‌های تغییراتی که به درستی شناخته شده‌اند و دقت عدم تغییرات^۵، تعداد پیکسل‌های عدم تغییراتی که به درستی شناخته شده‌اند، 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 الگوریتم‌های K-Means ساده، K-Medoids ساده، روش خوشه‌بندی فازی Fuzzy C-means، روش حد آستانه گذاری Otsu مورد مقایسه قرار گرفته شده است. نمونه‌ای از یک ماتریس ابهام در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- نمونه‌ای از یک ماتریس ابهام

تصویر خروجی / تصویر تست	پیکسل‌های تغییرات	پیکسل‌های عدم تغییرات
پیکسل‌های تغییرات	TT	TF
پیکسل‌های عدم تغییرات	FT	FF

پارامترهای M, N به ترتیب تعداد کل داده‌های تست تغییرات و عدم تغییرات باشد. پارامترهای ارزیابی دقت مطابق با فرمول‌های زیر ارائه می‌گردد:

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

^۱ Missed alarm(MA)

^۲ False alarm(FA)

^۳ Overall accuracy(OA)

^۴ Change accuracy(CH.A)

^۵ unchanged accuracy(UNCH.A)

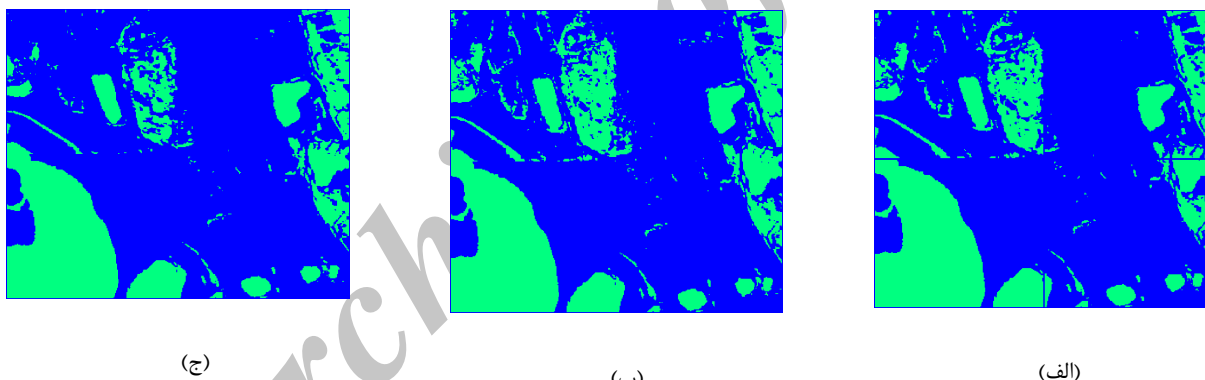
جدول ۲- مشخصات مناطق مورد مطالعه در روش پیشنهادی

تعداد باندها	زمان تصویربرداری	مختصات جغرافیایی برحسب متر	مختصات جغرافیایی برحسب درجه	سیستم تصویر	سنجده	ابعاد پیکسل (متر)	منطقه مورد مطالعه
۷	۱۹۸۵/۳/۲۰ ۲۰۰۵/۴/۱۹	۴۹۵۶۱۵ ۷۸۴۲۳۷۵	W۷/۶۴°۷'۱۵۳ N۹/۴۰'۴۱°۷۰	N۵UTM,Zone	Landsat	۳۰	آلاسکا
۷	۲۰۰۶/۸/۳۰ ۲۰۱۱/۸/۱۳	۵۳۴۷۹۵ ۴۱۸۴۰۸۵	E۴۲/۹۳'۲۳'۴۵ N۱۲/۵'۴۸'۳۷	N۳۸UTM,Zone	Landsat	۳۰	دریاچه ارومیه

۲-۳- تحلیل نتایج

شکسته شده و بردار مراکز خوشه تغییرات و عدم تغییرات به صورت هم‌زمان برای تمامی بلوک‌ها و باهدف مینیمم نمودن مجموع هزینه تمامی بلوک‌ها 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 پیاده‌سازی شده است. نتایج نقشه‌های خروجی در سه حالت مذکور در شکل ۴ نمایش داده شده است. نتایج ارزیابی دقت نیز در جدول ۳ آورده شده است.

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 بهینه‌سازی 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



شکل ۴- در تمامی نقشه رنگ سبز تغییرات و رنگ آبی عدم تغییرات را نمایش می‌دهد. 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 بلوک‌ها 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

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

آزمایش‌های اول و دوم، دقت کلی بالاتر و درعین حال کمترین آلارم اشتباه را نشان می‌دهد. بدین سبب تابع

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

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

هزینه مناسب‌تری محسوب می‌شود. بهبود دقت تغییرات ۱/۵ و ۳/۵ درصدی در پیکسل‌های تغییرات نسبت به آزمایش دوم و اول که به ترتیب معادل با شناسایی ۵۳۴ و ۱۲۴۵ پیکسل می‌باشد، نمایانگر کارایی تابع هزینه ارائه‌شده در روش پیشنهادی می‌باشد. 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 نقشه‌های تغییرات حاصل شده به صورت تک باند رسیده است. به منظور بررسی تأثیر تغییر تعداد بلوک‌ها 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.

همان‌طور 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 دقت‌های 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 نموده‌اند، 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 بلوک‌های متفاوت در دو منطقه مورد مطالعه

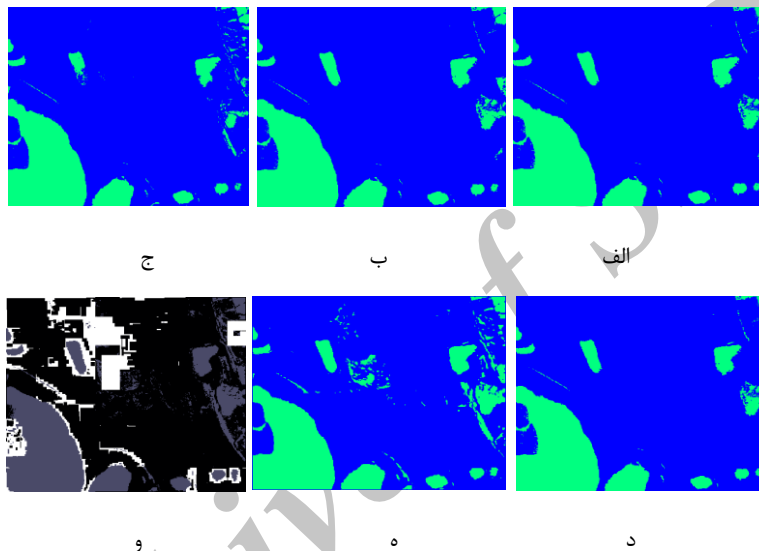
منطقه	تعداد بلوک‌ها	جمعیت	تکرار	دقت		دقت کلی	آلارم اشتباه	آلارم از دست‌رفته
				عدم تغییرات	تغییرات			
منطقه آلاسکا	۱	۲۰	۵۰۰۰	۹۹/۹۹	۷۹/۳۱	۹۴/۸۸	۰/۲۰	۰۰۰۰
	۴	۲۰	۵۰۰۰	۹۹/۵۷	۸۹/۷۷	۹۷/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۰۴
	۱۶	۲۰	۱۰۰۰۰	۹۸/۵۷	۸۶/۶۵	۹۵/۵۶	۰/۱۳	۰/۰۱۴
	۲۵	۲۰	۱۰۰۰۰	۹۷/۰۵	۸۸/۴۸	۹۴/۸۹	۰/۱۱	۰/۰۰۲
منطقه ارومیه	۱	۲۰	۵۰۰۰	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، بلوکبندی تصویر به صورت ۴ بلوک قادر به شناسایی تغییرات بالاتری نسبت به حالت تک بلوک و ۱۶ بلوک بوده است این افزایش درصد

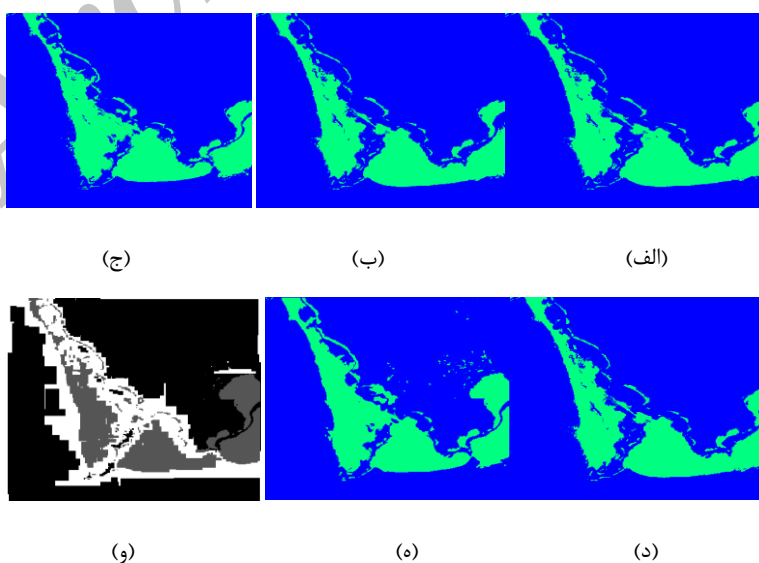
با بررسی‌های صورت پذیرفته بر روی تصاویر اختلاف حاصل از تمامی باندها در منطقه آلاسکا به صورت تک بلوک، ۴ بلوک و ۱۶ بلوک ۲۵ بلوک، با جمعیت اولیه ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰

را نشان می‌دهد. افزایش دقت تغییرات نسبت به حالت تک بلوکه و ۱۶ بلوکه و ۲۵ بلوکه به ترتیب ۳/۷۶ و ۳/۸۲ و ۶/۲۱ درصد می‌باشد که به ترتیب معادل با شناسایی ۱۷۰۱ و ۱۰۴۶ و ۱۰۲۰ پیکسل تغییرات نسبت به حالات قبل می‌باشد. به منظور 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 به کارگیری اطلاعات ۷ باند تصویری و در دو خوشه تغییرات و عدم تغییرات می‌باشد.

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. در عین 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 آلام اشتباه و از دست رفته



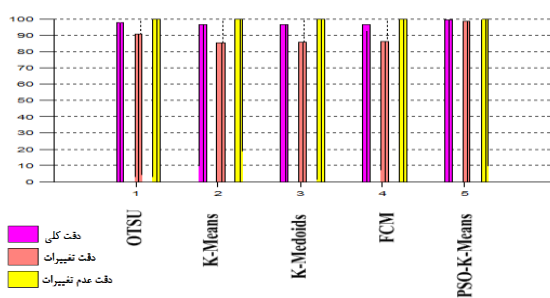
شکل ۵- در تمامی نقشه رنگ سبز تغییرات و رنگ آبی عدم تغییرات را نمایش می‌دهد. منطقه آلاسکا (الف) نقشه تغییرات روش K-Medoids (ب) نقشه تغییرات FCM با $q=2$ ، (ج) نقشه تغییرات روش Otsu، (د) نقشه تغییرات روش k-Means، (ه) خروجی روش پیشنهادی به ازای ۴ بلوک (و) تصویر تست منطقه آلاسکا



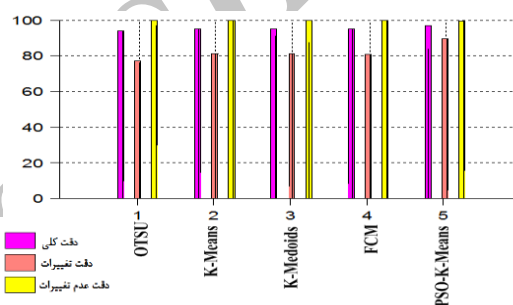
شکل ۶- در تمامی نقشه رنگ سبز تغییرات و رنگ آبی عدم تغییرات را نمایش می‌دهد. منطقه ارومیه (الف) نقشه تغییرات روش K-Medoids (ب) نقشه تغییرات FCM با $q=2$ ، (ج) نقشه تغییرات روش Otsu، (د) نقشه تغییرات روش k-Means، (ه) خروجی روش پیشنهادی به ازای ۴ بلوک، (و) تصویر تست منطقه ارومیه

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

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



(ب)

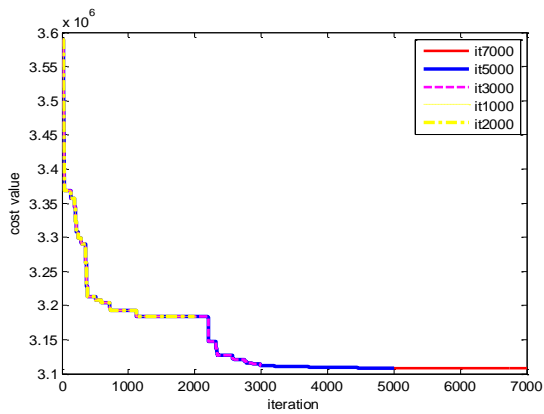


(الف)

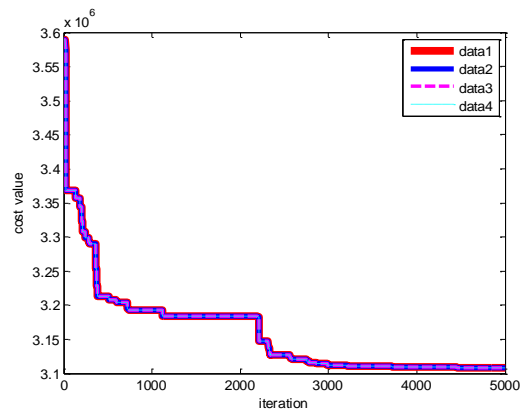
شکل ۷- نمودار میله ای ارزیابی مقایسه ای روش پیشنهادی و روش‌های Otsu، K-Means، K-Medoids، FCM (الف) نتایج منطقه آلاسکا، (ب) نتایج منطقه ارومیه

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 بلوک 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 بلوک منطقه آلاسکا و ارومیه در حالت جمعیت ۲۰ و تکرار ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ نیز مورد آنالیز قرار گرفته شده است.

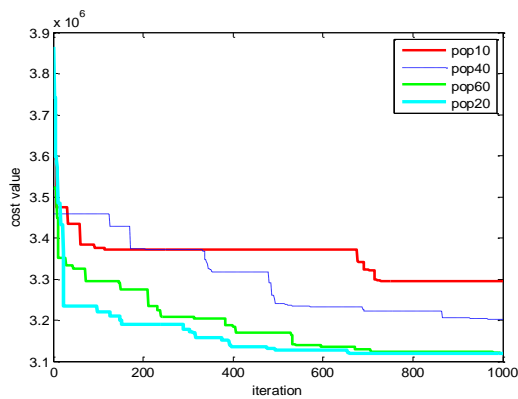
همان‌طور که در جدول ۶ و شکل ۷ نمایش داده شده است، در منطقه آلاسکا روش پیشنهادی از بالاترین دقت شناسایی تغییرات و کوچک‌ترین آلارم اشتباه از میان روش‌های حد آستانه گذاری Otsu روش خوشه‌بندی K-Means و K-Medoids و fuzzy-C-Means برخوردار است. این افزایش دقت به اندازه ۱۲/۵ درصد نسبت به روش Otsu، ۸/۶ درصد نسبت 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 از دست رفته 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



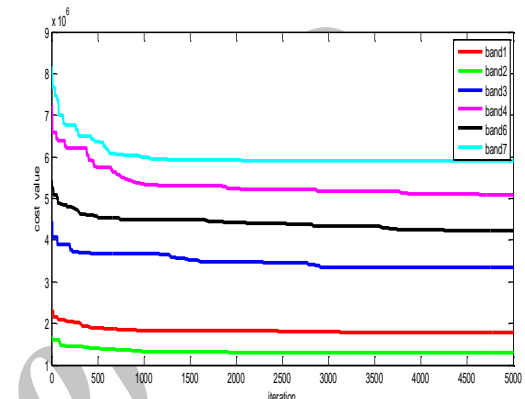
(ب)



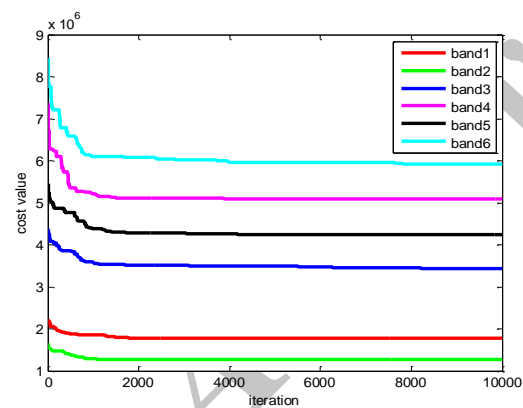
(الف)



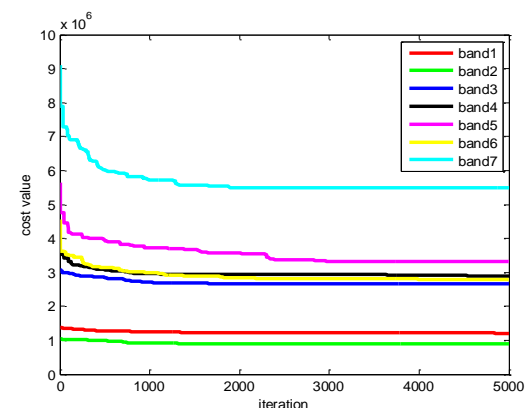
(د)



(ج)

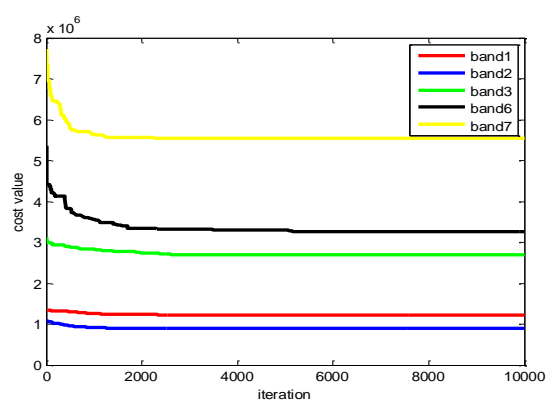


(و)



(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 ۴ باند 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)

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 از جمله 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 پذیرفته‌شده 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 از جمله این بررسی‌ها می‌باشد. نتایج حاکی از قابلیت اطمینان روش پیشنهادی است.

۵- پیشنهادات

به منظور بررسی‌های بیشتر پیاده سازی روش پیشنهادی و بررسی جوانب آن در تصاویر رادار با گشودگی مصنوعی پیشنهاد می‌شود، همچنین بررسی دیگر روش‌های بهینه سازی و دیگر روش‌های خوشه بندی به جای روش‌ها و الگوریتم‌های استفاده شده در این مقاله به منظور بررسی کارایی دیگر روش‌ها پیشنهاد می‌گردد.

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 مورد بررسی 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 مورد بررسی 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، در واقع

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.