روشی برای بخش بندی تصاویر سنجش از دور با استفاده از الگوریتم Watershed و خوشه بندی Fuzzy C-Means

محسن حامد[۱]، فاطمه حاجیانی[۲]

۱. آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بوشهر، بوشهر، ایران، hamed_samab@yahoo.com

۲. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خورموج، ایران، عضو هیات علمی، fateme_hajiani@yahoo.com

چکیده

در تقسیم بندی پیکسل های تصویر سنجش از دور با استفاده از بخش بندی Watershed، مرزهای تصویر به خوبی آشکار نمی شوند. در این مقاله، یک الگوریتم خوشه بندی تصویر بر اساس بخش بندی Watershed و خوشه بندی Fuzzy C-Means ارائه شده است. روش کار به این صورت است که در ابتدا از الگوریتم Watershed برای بخش بندی تصویر حاصل از مجموع مشتق تصویر با تصویر اصلی استفاده می‌شود. مشتق گرفتن از تصویر موجب می‌شود مرزهای تصویر به خوبی آشکار شده و رویهم افتادگی بین مرزها رخ ندهد. پس از بخش بندی، برای ترکیب نواحی مشابه حاصل، از خوشه بندی Fuzzy C-Means استفاده می‌شود. در نهایت، به منظور بهبود نتایج خوشه بندی، یک ماتریس تقسیم بندی جدید نیز برای هر ناحیه از تصویر، با توجه به ویژگی‌های نواحی همسایه‌ی آن محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه تصاویر سنجش از دور شامل یک سطح نویز بالا هستند، الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم Watershed رایج، توانایی بیشتری در مقابله با نویز دارد و لبه های تصویر بهتر نمایان می‌شوند. نتایج آزمایش روش پیشنهادی بر روی یک نمونه تصویر سنجش از دور، عملی بودن و کارایی الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، بخش بندی، الگوریتم **Watershed**، خوشه بندی **Fuzzy C-Means**.

۱- مقدمه

سنجش از دور، مجموعه ای از اطلاعات پیرامون سطح زمین بوده و پدیده ای است که شامل جمع آوری اطلاعات از اشیا بدون تماس فیزیکی با آنها می باشد. این علم به عنوان یک تکنولوژی است که با استفاده از آن، مشخصه های یک شی یا پدیده را تعیین، اندازه گیری یا تجزیه و تحلیل می کنند [1]. در سنجش از دور، فرایند بخش بندی تصویر به این صورت تعریف می شود: "جستجو برای یافتن نواحی همگن در تصویر و سپس دسته بندی این نواحی". به بیان دیگر، تقسیم بندی تصویر به نواحی معنی دار بر اساس معیار تجانس یا عدم تجانس را بخش بندی تصویر می گویند. در تصاویر سنجش از دور، با توجه به حجم زیاد داده ها، بخش بندی به عنوان یکی از راه های تحلیل داده ها و از جمله روش هایی محسوب می شود که قبل از انجام پردازش اصلی بر روی مجموعه داده ها انجام می شود. بخش بندی تصاویر سنجش از دور می تواند هم بر اساس آستانه گذاری سطح خاکستری و هم با استفاده از خوشه بندی (دسته بندی) پیکسل ها در گروه های همگن انجام شود.

یکی از روش های رایج برای خوشه بندی پیکسل ها، خوشه بندی فازی است. خوشه بندی فازی به طور وسیع در زمینه بخش بندی تصویر مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع خوشه بندی، روش مناسبی برای دسته بندی داده ها است که برای تصاویر ماهواره ای از قبیل تصاویر سنجش از دور که طبیعت نامطمئنی دارند استفاده می‌شود [2]. تاکنون و در سال های اخیر، چندین روش برای خوشه بندی اینگونه تصاویر ارائه شده است. Zeng و دوستانش [3] روشی را برای خوشه بندی و بخش بندی تصاویر سنجش از دور

گرفته شده از اقیانوس ارائه کردند. Du و همکارانش [4] نیز یک الگوریتم بهبود یافته از Fuzzy C-Means را برای بخش بندی تصاویر سنجش از دور پیشنهاد داده اند. همچنین Ma و Staunton [5] روشی را برای بخش بندی فازی اینگونه تصاویر برای استفاده با الگوهای روشن سازی ناهموار مطرح کردند. مشکل اینگونه روش ها آن است که قادر به تشخیص همزمان خوشه های متراکم، تفکیک ناحیه های غیرهمگن، حفظ مرزها و جلوگیری از رویهم افتادگی این نواحی نیستند [6-10]. بنابراین، با توجه به هدف و کاربرد بایستی از روش های خوشه بندی مناسب تری بهره برده شود تا بخش بندی داده های تصویر به طور صحیح تری انجام گیرد.

مشکل اساسی که در خوشه بندی تصاویر سنجش از دور وجود دارد این است که گروه هایی که نمونه های کمی دارند به خوبی آشکار نشده و به عنوان یک گروه تشخیص داده می شوند. همچنین برخی از گروه ها نیز به صورت پیکسل پیکسل دسته بندی می شوند. در روش پیشنهادی، ضمن اجرای بخش بندی بر روی تصویر سنجش از دور HYDICE [11]، نواحی مشابه به دست آمده در اثر بخش بندی، با استفاده از خوشه بندی فازی ترکیب شده و ماتریس عضویت حاصل با توجه به ویژگی‌های بین نواحی همسایه هر کدام از بخش ها، بهبود داده می شوند.

ساختار مقاله به این صورت می باشد: در بخش ۲، بخش بندی تصویر و الگوریتم watershed را بیان می کنیم. در بخش ۳ روش خوشه بندی Fuzzy C-Means توضیح داده می شود. در بخش ٤ تصویر مورد استفاده در این مقاله معرفی شده است. در بخش ۵ به تشریح روش پیشنهادی برای این مقاله پرداخته شده است. در بخش ٦ پیاده سازی ها و نتایج حاصل از آزمایش ها با روش پیشنهادی و مقایسه‌ی آن با سایر روش های خوشه بندی آورده شده است. در نهایت، در بخش ۷ به نتیجه گیری از مطالب گفته شده می پردازیم.

۲- بخش بندی تصویر

معمولاً مرحله ی اول در تحلیل یک تصویر، بخش‌بندی آن است. بخش‌بندی، یکی از شاخه‌های اصلی در علم پردازش تصویر است که مهم‌ترین کارکرد آن، تصحیح مرزهای مخدوش بین بخش‌های مختلف تصویر است. هدف از بخش بندی، جداسازی اجزای اصلی تشکیل دهنده ی تصویر است. دقت بخش بندی تصویر، اثر مستقیمی در کارایی کل سیستم می‌گذارد به طوری که می‌تواند موفقیت یا شکست احتمالی تحلیل نهایی تصویر را تعیین‌کند. در کاربردهای هوایی و سنجش از دور، تنها شناسایی اشیای روی زمین برای بخش بندی مورد نظر است. بخش بندی به طور گسترده‌ای در علم سنجش از دور به کار می‌رود [12]. این پیش پردازش به عنوان فرایند تقسیم یک تصویر به گروه های همگن تعریف می‌شود به طوری که هر ناحیه همگن باشد ولی اجتماع هیچیک از دو ناحیه‌ی مجاور آن همگن نباشد.

۲-۱- الگوریتم Watershed

الگوریتم Watershed بر مبنای بخش بندی ناحیه ای در تصویر عمل می‌کند [13]. در این الگوریتم، محاسبه‌ی Watershed دو مرحله دارد: یکی پیوستن (Sorting) و دیگری غوطه ور کردن (Submerging). این نوع بخش بندی، در کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است. تصویر برداری ماهواره ای ابرطیفی نمونه ای از کاربرد این الگوریتم می‌باشد [14]. تماس و همپوشانی اشیای درون یک تصویر، یکی از معضلات اصلی در بخش بندی تصاویر می باشد به طوری که بسیاری از روش‌های متداول بخش بندی قادر به حل آن نیستند. الگوریتم Watershed با ارائه‌ی یک روش قوی برای بخش بندی تصاویر، قادر به جداسازی اجزای به هم چسبیده و همپوشانی کننده می‌باشد [15]. این الگوریتم بر اساس تغییر مقیاس سطح خاکستری پیکسل‌ها عمل کرده و با استفاده از گرفتن گرادیان از تصویر قابل اجرا می‌باشد. تعریف گرادیان تصویر $f(x,y)$ به صورت زیر است:

$$G(f(x,y)) = (f \oplus B)(x,y) - (f \ominus B)(x,y) \qquad (۱)$$

که در آن، B عنصر ساختاری مربوط به عملیات مورفولوژی است. فرایند محاسباتی Watershed یک فرایند برچسب‌زنی پیاپی است. زمانی که این الگوریتم به طور مستقیم استفاده گردد، به علت برخی عوامل مثل نویز در تصویر، به دست آمدن نتایج مطلوب از بخش بندی غالباً مشکل است. در این الگوریتم، تعداد نواحی تشخیص داده شده از تعداد اشیای موجود در تصویر بسیار بیشتر است. این مسئله باعث به وجود آمدن پدیده ی oversegmentation می‌شود که منجر به خراب شدن تصویر بخش بندی شده می‌شود. بنابراین بایستی نواحی مشابه بعد از بخش بندی تصویر ترکیب شوند.

۳- روش خوشه بندی Fuzzy C-Means

روش خوشه بندی Fuzzy C-Means [16] یک روش خوشه بندی متوالی است که برای تفکیک یک مجموعه داده استفاده می‌شود. هدف از این خوشه بندی، محاسبه ی مراکز خوشه‌ها و تولید ماتریس عضویت برای هر بخش از تصویر است. این روش به دنبال یافتن یک تقسیم بندی فازی بهینه از یک مجموعه داده ی مشخص با حداقل کردن تابع هدف است. خوشه های کروی حاصل از این الگوریتم به طور مفروض تقریباً هم اندازه هستند و هر خوشه نیز با مرکز آن نمایش داده می‌شود. فاصله اقلیدوسی به عنوان معیار فاصله بین یک مرکز و یک نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر عضویت (تقسیم بندی) نمونه های یک مجموعه ی داده در الگوریتم خوشه بندی Fuzzy C-Means با حداقل کردن خطای تابع هدف زیر به دست می‌آید:

$$J(Z;U,V) = \sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{N} (\mu_{ik})^m \|z_k - v_i\|^2 \qquad (۲)$$

که در آن $1 < c < N$ تعداد خوشه ها، $Z = [z_1, z_2, ..., z_N]$ مجموعه داده های دارای N نمونه، $U = [\mu_{ik}] \in [0,1]^{c \times N}$ یک ماتریس عضویت فازی از نمونه ها، $V = [v_1, v_2, ..., v_c]$ بردار مراکز خوشه ها، $m > 1$ میزان فازی بودن، $\varepsilon > 0$ شرط خاتمه‌ی الگوریتم و A یک ماتریس همانی می‌باشند. این نوع انتخاب ماتریس A یک فاصله اقلیدوسی استاندارد را می‌دهد. ماتریس عضویت اولیه نیز به طور تصادفی ایجاد می‌شود. مراحل الگوریتم خوشه بندی Fuzzy C-Means به ازای تکرارهای $l = 1, 2, ...$ به صورت زیر است:

۱- محاسبه ی مراکز خوشه ها:

$$v_i^{(l)} = \frac{\sum_{k=1}^{N} (\mu_{ik})^m z_k}{\sum_{k=1}^{N} (\mu_{ik})^m}, \; 1 \le i \le c, \; l = 1,2,... \qquad (۳)$$

۲- محاسبه ی فاصله ی نمونه ها از مراکز خوشه ها:

$$D_{ikA_i}{}^2 = (z_k - v_i^{(l)})^T A (z_k - v_i^{(l)}) \qquad (٤)$$

۳- به روز رسانی ماتریس عضویت به ازای $1 \le k \le N$:

اگر به ازای تمام خوشه‌ها، $D_{ikA_i} > 0$ باشد:

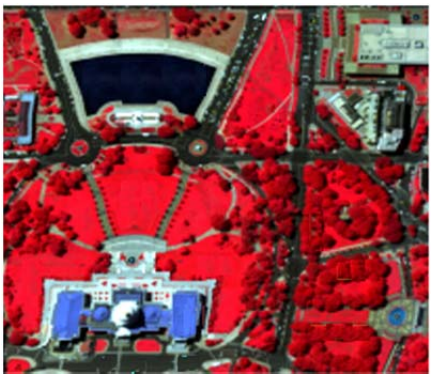
$$u_{ik}^{(l)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{c} \left(D_{ikA_i} / D_{jkA_i} \right)^{2/(m-1)}} \qquad (۵)$$

در غیر اینصورت، اگر $D_{ikA_i} > 0$ باشد، آنگاه $u_{ik}^{(l)} = 0$ بوده و همچنین بایستی $u_{ik}^{(l)} \in [0,1]$ باشد و در رابطه ی $\sum_{i=1}^{c} u_{ik}^{(l)} = 1$ صدق نماید.

مراحل تولید مراکز خوشه‌ها و ماتریس عضویت تا وقتی که شرط $\left\|U^{(l)}-U^{(l-1)}\right\|>\varepsilon$ برآورده شود ادامه می‌یابد. در این زمان، خوشه بندی Fuzzy C-Means متوقف می‌شود. در عمل، این روش به ازای مقادیر مختلف تعداد خوشه ها انجام شده و نتایج آن با استفاده از توابع اندیس اعتبار خوشه مورد ارزیابی قرار می گیرد.

٤- تصویر مورد استفاده

تصویر استفاده شده در این مقاله مربوط به منطقه‌ای واقع در شهر واشینگتن آمریکا است که توسط سنجنده ی هوایی HYDICE گرفته شده است. این تصویر دارای۲۰۰×۲۰۰ پیکسل و ۱۰۰ باند طیفی بوده و توان تفکیک مکانی آن بین ۱ تا ٤ متر و دقت رادیومتریک آن ۸ بیت است. همچنین از پهنای باند ۲۵۰۰-٤۰۰ نانومتر برخوردار است. شکل ۱ نقشه موضوعی این منطقه را به تصویر می کشد.



شکل ۱: نقشه موضوعی تصویر استفاده شده.

۵- روش پیشنهادی

یکی از مشکلاتی که در بخش بندی تصاویر حاصل از الگوریتم Watershed وجود دارد این است که مرزهای تصویر به خوبی آشکار نمی‌شوند. یک راه غلبه بر این مسئله، اجرای این الگوریتم بر روی تصویر به دست آمده از جمع تصویر اصلی با تصویری است که از مشتق تصویر حاصل شده است. مشتق گیری از تصویر باعث می‌شود مرزهای تصویر بهتر نمایان شوند. تصویر سنجش از دور دارای باندهای زیادی است که باعث می شود پردازش آنها همواره با مشکلاتی مواجه گردد. یکی از راه ها برای کاهش تعداد باندها، استفاده از تحلیل مولفه های اصلی (PCA) است که بیشترین اطلاعات طیفی را در تعداد کمتری از باندها به دست می دهد. با توجه به اینکه الگوریتم Watershed تنها بر روی یک باند قابل اجرا است، آن را بر روی باند آخر تصویر حاصل از جمع تصویر بدست آمده از تحلیل مولفه‌های اصلی که اطلاعات مکانی بیشتری دارد با تصویر حاصل از مشتق مرتبه دوم آن اجرا می‌کنیم. برای این منظور، تصویر را با یک ضریبی از مشتق آن جمع کرده و الگوریتم Watershed بر روی آن انجام می‌شود. این ضریب به منظور دستیابی به یک بخش بندی مناسب بایستی مقداری مناسب انتخاب شود. از تصویر به دست آمده از Watershed که بخش‌های کوچکی از تصویر را دارا می باشد، به عنوان یک پیش پردازش برای انجام خوشه بندی Fuzzy C-Means استفاده می‌کنیم.

در ادامه، با استفاده از خوشه بندی Fuzzy C-Means، بخش های کوچک به دست آمده از Watershed را با یکدیگر مقایسه می کنیم. می‌توان از پیکسل‌های موجود در هر بخش میانگین گرفته و سپس میانگین‌ها را با هم مقایسه کنیم. در مقایسه دو بخش حاصل از Watershed در Fuzzy C-Means، دو بخش با طیف مشابه با هم ادغام شده و با یک شماره برچسب نشان داده می‌شوند. شرط انجام این روال از روش پیشنهادی این است که مرزها به خوبی مشخص شوند و تعداد بخش های حاصل تا حد امکان کم باشد؛ یعنی دو ناحیه ی کنار هم به یک گروه تعلق نداشته باشند. برای برطرف کردن مشکل همسایگی در پیکسل‌های مرزی، همان

پیکسل های مرزی در کنارشان قرار داده می‌شوند یعنی یک سطر و ستون به ابتدا و انتهای ماتریس تصویر افزوده می‌شود. پس از خوشه بندی بایستی نتایج را بهبود بخشید. برای این کار، ماتریس عضویت هر بخش از تصویر را بهبود می‌دهیم، با استفاده از ماتریس عضویت زیر:

$$U' = U + \sum_{t \in s} \lambda_t U_t \qquad (٦)$$

که U' ماتریس عضویت بهبود یافته و U ماتریس عضویت هر کدام از بخش‌های به دست آمده از الگوریتم Watershed است. $t \in s$ بیانگر همسایه‌های اطراف هر ناحیه است و پارامتر λ_t مقدار وزن هر ناحیه را مشخص می‌کند و متناسب با مرز بین ناحیه‌ی مورد نظر با نواحی اطرافش (تعداد پیکسل‌های مشترک بین دو ناحیه) انتخاب می‌شود؛ بدین صورت که مقدار آن، حاصل تقسیم تعداد پیکسل‌های مشترک یک ناحیه با هر یک از نواحی همسایه‌اش بر تعداد کل پیکسل های مرزی آن ناحیه است. در این الگوریتم، U' برای هر ناحیه برابر با ماتریس عضویت آن ناحیه به علاوه‌ی یک میانگین از ماتریس های عضویت به دست آمده از نواحی اطراف آن ناحیه است. شکل ۲ نمودار روش پیشنهادی را نشان می دهد.

شکل ۲: نمودار روش پیشنهادی

٦- پیاده سازی ها و نتایج

مهمترین پارامتری که برای انجام خوشه بندی بایستی تنظیم نمود، تعداد خوشه ها است. با توجه به آزمایش‌های انجام گرفته، تعداد مناسب خوشه ها برای تصویر مورد استفاده، c=۱۰ خوشه انتخاب شده است. سایر پارامترها نیز با توجه به مقادیر رایج تنظیم شده‌اند؛ یعنی m=۲ ، ε=۰/۰۱. با استفاده از روش پیشنهادی، مرزهای تصویر به دست آمده به خوبی حفظ می‌شوند. در این حالت تضمین می‌شود که هیچگونه تلفاتی در اطلاعات لبه‌ی تصویر وجود ندارد. نهایتاً یک بخش بندی مطلوب از تصویر به دست می آید. شکل ۳ این مسئله را به خوبی نشان می‌دهند. این روش، بخش‌های تصویر را با استفاده از خوشه‌ها ترکیب می کند. روش پیشنهادی بر روی باند آخر تصویر حاصل از تحلیل مولفه های اصلی تصویر سنجش از دور HYDICE پیاده سازی شده است.

برای مقایسه روش‌های پیاده سازی شده، از اندیس‌های اعتبار خوشه استفاده شده است. خوشه ها باید حداکثر فشردگی را داشته باشند و تا حد امکان جدایی آنها نیز زیاد باشد. هدف از این ارزیابی، یافتن بهترین روشی است که بهترین خوشه بندی را انجام دهد. از جمله اندیس های اعتبار که برای مقایسه ی روش های خوشه بندی به کار گرفته می شوند، تابع ارزیابی ضریب افراز [17] و تابع ارزیابی آنتروپی افراز [18] است که به ترتیب به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$V_{PC} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{N}{\mu_{ik}}^2 \qquad (۷)$$

$$V_{PE} = \frac{-1}{N}\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{N}\left[\mu_{ik}\log_2(\mu_{ik})\right] \qquad (۸)$$

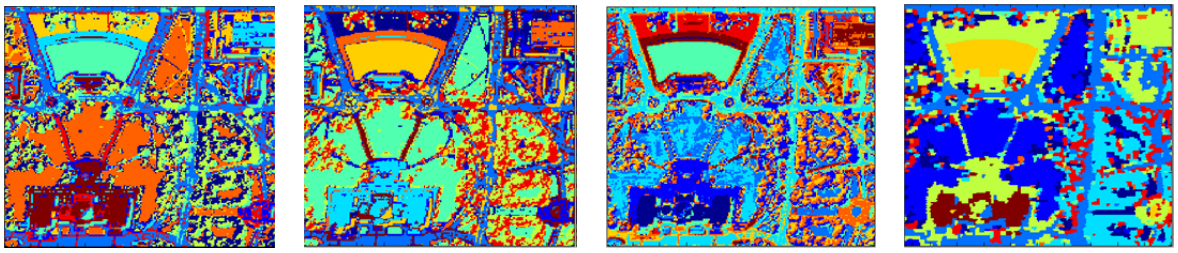
بهترین روش خوشه بندی روشی است که مقدار V_{PC} آن بیشترین و مقدار V_{PE} آن کمترین مقدار را در بین روش ها داشته باشد. جدول ۱، نتایج ارزیابی آزمایش های انجام شده را که با استفاده از روش های Fuzzy C-Means، G-K [19]، Gath-Geva [20] و همچنین با روش پیشنهادی پیاده سازی شده اند نشان می‌دهد.

جدول ۱: نتایج حاصل از توابع ارزیابی روش های پیاده سازی شده

روش ها	V_{PC}	V_{PE}
Fuzzy C-Means	۰/٤٦۲۲	۱/۸۳۳٤
G-K	۰/٤۳٥٦	۱/۹٥۲۷
Gath-Geva	۰/۳۹٤۳	۲/۱۲۱۰
پیشنهادی	۰/٤۷۱۳	۱/۷٤۳۲

۷- نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج به دست آمده از روش های انجام شده بر روی تصویر نشان می‌دهد ارزیابی پارامترهای خوشه بندی با استفاده از این روش در مقایسه با سایر خوشه بندی ها صحت مناسب تری دارد و به علت ادغام اطلاعات پیکسل‌های همجوار، روش پیشنهادی نسبت به نویز حساسیت کمتری نشان می دهد، همچنین پراکندگی پیکسل ها در تصویر حاصل از روش پیشنهادی نیز وجود ندارد و در مقایسه با روش های رایج دیگر، دسته بندی بهتری برای داده ها حاصل می‌کند. با استفاده از روش پیشنهادی، اطلاعات مرزها به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد. نتایج حاصل نشان می‌دهد روش پیشنهادی دارای توانایی کنترل نویز است. همانطور که ملاحظه می‌شود، اطلاعات تصویر به خوبی حفظ شده‌اند. البته برای برخی از تصاویر با ساختارهای خاص، روش پیشنهادی ممکن است عملکرد نسبتاً ضعیفی داشته باشد و نتیجه‌ی مطلوبی را به همراه نیاورد. برای رفع این مشکل بایستی ماتریس عضویت مناسب تری با توجه به ساختار تصویر برای بهبود این نوع دسته بندی بیان گردد.



الف ب ج د

شکل ۳: تصاویر حاصل از آزمایش با استفاده از روش های الف) Fuzzy C-Means، ب) G-K، ج) Gath-Geva و د) روش پیشنهادی.

مراجع

[1] M. Williamson, “Cambridge Dictionary of Space Technology,” Cambridge University Press, First Edition, 2001.

[2] J. C. Bezdek, “Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms,” Plenum, New York, 1981.

[3] Zeng. Xuexing, Ren. Jinchang, McKee. David, Lavender. Samantha, Marshall. Stephen, "Pixel clustering and hyperspectral image segmentation for ocean colour remote sensing", *In Hyperspectral Imaging Conference*, 2012.

[4] Du Gen-yuan, Miao Fang; Sheng-Li, Tian; Liu Ye, "A Modified Fuzzy C-means Algorithm in Remote Sensing Image Segmentation", *International Conference* on *Environmental Science and Information Application Technology*, 4-5 July 2009, Vol.3, Pages 447–450.

[5] Li Ma, R.C. Staunton, “A modified fuzzy c-means image segmentation algorithm for use with uneven illumination patterns,” *In Pattern Recognition Conference*, 2007, Vol.. 40, No.11, pp.3005-3011.

[6] Leonid P. Podenok, RaufKh. Sadykhov, “Multispectral Satellite Image Segmentation Using Fuzzy Clustering and Nonlinear Filtering Methods,” International Machine Vision and Image Processing Conference, 2008, pp. 43-48.

[7] J. Fan, M. Han, and J. Wang, “Single point iterative weighted fuzzy c-means clustering algorithm for remote sensing image segmentation,” Pattern Recognition, 42(11), 2009, pp. 2527-2540.

[8] Leonid P. Podenok, RaufKh. Sadykhov, “Multispectral Satellite Image Segmentation Using Fuzzy Clustering and Nonlinear Filtering Methods,” International Machine Vision and Image Processing Conference, 2008, pp. 43-48.

[9] S. Saha and S. Bandyopadhyay, “A Symmetry Based Multiobjective Clustering Technique for Automatic Evolution of Clusters,” Pattern Recognition, vol. 43, No. 3, March 2010, pp. 738-751.

[10] M. Hasanzadeh, and s. kasaei, “A Multispectral Image Segmentation Method using Size-Weighted Fuzzy Clustering and Membership Connectedness, ” IEEE Geosc. and Remote Sen. Letters, Vol. 7, Issue 3, pp. 520-524, 2010.

[11] W. S. Aldrich, M. E. Kappus, and R. G. Resmini, “HYDICE post-flight data processing,” Proc. SPIE, vol. 2758, pp. 354–363, 1996.

[12] Pal. N. R, and Pal, S. K, “A Review on Image Segmentation Techniques,”Pattern Recognition, 26(9), p.p. 1274-1294, 1993.

[13] L. Vincent and P. Soille, “Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations,” IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel.vol. 13, pp. 583–598, 1991.

[14] Tarabalka. Y, Chanussot. J, and Benediktsson. J. A, “Segmentation and classification of hyperspectral images using watershed transformation”, Pattern Recognition, vol. 43, no. 7, pp. 2367-2379, July 2010.

[15] Beucher. S, “The watershed transformation applied to image Segmentation,” Scanning Microsc, Vol 6, p.p. 299-314, 2005.

[16] J. C. Bezdek, “Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms,” Plenum, New York, 1981.

[17] J. C. Bezdek. “Cluster validity with fuzzy sets” Cybernetics and Systems, 1973, 3(3): pp. 58–73.

[18] J. C. Bezdek. “Mathematical models for systematic and taxonomy”. Proc. of Eight International Conference on NumericalTaxonomy, San Francisco, 1975: 143–166.

[19] R. Babuska, P. J. v. d. V. and Kaymak, U. (2002). “Improved covariance estimation for gustafson-kessel clustering,” In IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pages 1081–1085.

[20] Gath, I. and Geva, A. B. (1989). “Unsupervised optimal fuzzy clustering.” In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pages 7:773–781.

A method for segmenting remote sensing images using the Watershed algorithm and Fuzzy C-Means clustering

Mohsen Hamed 1, Fatemeh Hajiani 2

1. Sama Technical and Vocational School, Islamic Azad University, Bushehr Branch, Bushehr, Iran, hamed_samab@yahoo.com
2. Islamic Azad University, Khormoj Branch, Iran, Faculty Member, fateme_hajiani@yahoo.com

Abstract:

In the division of remote sensing image pixels using Watershed segmentation, the image boundaries are not well defined. In this paper, an image clustering algorithm based on Watershed segmentation and Fuzzy C-Means clustering is presented. The method is that first the Watershed algorithm is used to segment the image obtained from the sum of the image derivative with the original image. Image derivation makes the borders of the image well-defined and does not overlap between borders. After segmentation, Fuzzy C-Means clustering is used to combine similar regions. Finally, in order to improve the clustering results, a new segmentation matrix is calculated for each area of the image, according to the characteristics of its neighboring areas. Due to the fact that remote sensing images contain a high level of noise, the proposed algorithm is more capable of dealing with noise compared to the conventional Watershed algorithm, and the edges of the image appear better. The test results of the proposed method on a sample of remote sensing image show the practicality and efficiency of the proposed algorithm.

Keywords: Remote Sensing, Segmentation, Watershed Algorithm, Fuzzy C-Means clustering.