قطعه‌بندی تصاویر با استفاده از روش خوشه‌بندی طیفی مبتنی‌بر سوپرپیکسل

فاطمه افسری شولی[1*]، جلیل عظیم پور[2]، مرضیه دادور[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه نرم‌افزار کامپیوتر، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران Fatemeh.afsari737@gmail.com

۲. گروه نرم‌افزار کامپیوتر، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران Jalil@azimpour.ir

۳. گروه هوش مصنوعی، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران Marziye.dadvar@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۱

چکیده

علم بینایی ماشین یکی از علومی است که در راستای افزایش کارایی حس بینایی در سیستم‌های هوشمند به کار گرفته می‌شود. اولین گام در بسیاری از کاربردهای بینایی ماشین، قطعه‌بندی تصویر می‌باشد. در این پژوهش، روش خوشه‌بندی طیفی با سوپرپیکسل برای قطعه‌بندی تصویر ارائه شده است. با اعمال الگوریتم KFCM و با استفاده از توزیع عضویت در ماتریس بخش‌بندی، یک میزان تشابه فازی هسته‌ای جدید پیشنهاد داده‌ایم که سبب کاهش میزان حساسیت پارامتر مقیاس‌گذاری می‌شود. علاوه بر این، به‌منظور کاهش هزینه محاسباتی برای قطعه‌بندی تصویر، سوپر پیکسل را معرفی کرده‌ایم و یک اندازه‌گیری جدید برای ساخت ماتریس وابستگی خوشه‌بندی طیفی ارائه شده است. الگوریتم‌های پیشنهادی بر روی ۳۰۰ تصویر طبیعی متفاوت اعمال می‌شود و توسط شاخص‌های ارزیابی، مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرند. نتایج حاصل شده از آزمایشات نسبت به دیگر روش‌های قطعه‌بندی مقایسه شده است و حاکی از برتری ۳/٤٪ دقت قطعه‌بندی الگوریتم پیشنهادی دارد و تمام شاخص‌های ارزیابی موردنظر پژوهش به میزان قابل قبولی افزایش پیداکرده‌اند.

کلید واژه‌ها: قطعه‌بندی تصویر، خوشه‌بندی فازی هسته‌ای، خوشه‌بندی طیفی، سوپرپیکسل، رنگ، بافت.

۱- مقدمه

در عصر جدید بکار گیری سیستم‌های هوشمند و کارا برای عملیات مختلف به‌منظور افزایش سرعت، دقت و راحتی، بسیار موردتوجه قرارگرفته است. این سیستم‌ها با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از محیط اطراف و برنامه‌ریزی انجام شده به پاسخ‌گویی سیگنال‌های ورودی می‌پردازند. یکی از مسیرهای دریافت اطلاعات محیط، حس بینایی است که پیشرفته‌ترین حس می‌باشد و مهم‌ترین نقش در درک انسان‌ها بر عهده دارد. این حس در ماشین‌ها با کمک دوربین‌ها اعمال می‌شود که با گرفتن عکس یا فیلم و پردازش آن به درک مفهوم تصویر در حد احتیاج ماشین می‌رسند [۱]. در دهه‌های گذشته، الگوریتم‌های خوشه‌بندی طیفی پیشرفت قابل‌توجهی را در خوشه‌بندی داده و جداسازی تصویر نشان داده‌اند و به‌طور موفقی در خوشه‌بندی داده و مسائل قطعه‌بندی گراف استفاده شده‌اند. به خاطر عملکرد خوب آن در خوشه‌بندی داده و سادگی پیاده‌سازی، الگوریتم‌های خوشه‌بندی طیفی علایق زیادی را جلب کرده‌اند [۲].

می‌توان گفت که قطعه‌بندی تصویر، گام اول بسیاری از کارها در پردازش تصویر[۱] و ماشین بینایی[۲] است که کمک شایانی به ماشین خواهد کرد.

نتیجه قطعه‌بندی یک تصویر، مجموعه‌ای است از قطعات که کل تصویر را تشکیل می‌دهد و یا یک مجموعه‌ای از خطوط استخراج شده از تصویر (تشخیص لبه) می‌باشد [۳]. تکنیک‌ها و الگوریتم‌های عمومی برای قطعه‌بندی تصاویر وجود دارند و اغلب این تکنیک‌ها با دانش دامنه برای حل مسئله قطعه‌بندی تصاویر در یک موضوع خاص به‌طور مؤثر ترکیب می‌شوند میزان قطعه‌بندی به موضوع مورد بررسی بستگی دارد بدین معنی که هنگامی‌که اشیاء موردنظر کاربر از هم جدا شدند باید قطعه‌بندی متوقف گردد در قطعه‌بندی با استفاده از ویژگی‌های سطح پایینی چون رنگ[۳]، بافت[۴] و لبه[۵] به ویژگی‌های سطح بالایی که انسان در تحلیل صحنه‌ها، طبقه‌بندی و تشخیص تصاویر به کار می‌برد دست پیدا کند [٤].

در ادامه این مقاله به بررسی برخی از جدیدترین کارهای انجام شده در بخش دوم می‌پردازیم، در بخش سوم پیش‌فرض‌های پژوهش بیان شده، در بخش چهارم پروتکل پیشنهادی مبتنی بر الگوریتم KFCM و خوشه‌بندی طیفی مطرح شده و درنهایت به قطعه‌بندی تصاویر می‌انجامد. نتایج حاصل از ارزیابی پروتکل پیشنهادی در بخش پنجم آورده شده و در پایان نتیجه‌گیری و پیشنهادات در بخش ششم ذکر شده است.

۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

در ادامه، به معرفی چند تحقیق مشابه در خصوص قطعه‌بندی تصویر مبتنی بر سوپرپیکسل با استفاده از خوشه‌بندی طیفی می‌پردازیم. فیاض و همکاران [٥] یک شیوه مؤثر برای قطعه‌بندی تصاویر MRI مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ارائه شده داده‌اند و برای تخمین پارامترها، الگوریتم ژنتیک را جایگزین شیوه سعی و خطا نموده‌اند. قطعه‌بندی تصویر با روش خوشه‌بندی طیفی زمان نسبتاً زیادی لازم دارد. در این پژوهش به‌جای تخمین پارامترها روی تصاویر اصلی، پارامترها روی نمونه‌های کوچک‌تری از تصاویر تخمین زده می‌شوند و سپس برای تصویر اولیه اصلاح می‌شوند. عمل تخمین پارامترها با استفاده از یک الگوریتم ژنتیک با دو متغیر ورودی انجام شده است و برای یک تصویر از مجموعه تصاویر موردنظر عمل قطعه‌بندی به‌صورت دستی انجام پذیرفته است و در تابع تطابق الگوریتم ژنتیک، خروجی خوشه‌بندی هر جواب ممکن با این جواب از پیش مشخص مقایسه می‌شود و اختلاف کمتر به‌منزله برازندگی بیشتر کروموزوم خواهد بود. پارامترهای به‌دست‌آمده از الگوریتم ژنتیک در کاربرد خاص این مقاله به‌راحتی قابل‌تعمیم به سایر تصاویر می‌باشند. یانگ و همکاران [٦] با استفاده از خوشه‌بندی طیفی[٦] به قطعه‌بندی تصاویر پرداخته‌اند و روش پیشنهادی مورداستفاده در این پژوهش همان تغییریافته NJW[۷] است در این پژوهش یک روش خوشه‌بندی طیفی جدید با استفاده از سوپر پیکسل‌ها جهت قطعه‌بندی تصویر پیشنهاد داده شده است و اندازه شباهت جدیدی برای ساخت ماتریس وابستگی جهت کاهش مؤثر حساسیت پارامتر مقیاس‌بندی[۸] و روش پیش‌پردازش مبتنی بر سوپر پیکسل برای کاهش هزینه محاسباتی اعمال شده است. با مقایسه با سایر الگوریتم‌های خوشه‌بندی، نتایج نشان می‌دهد که SCS به‌شدت پایدار است و به‌سختی تحت تأثیر پارامتر قرار می‌گیرید و می‌تواند وضوح قابل‌مقایسه‌ای را ایجاد کند و بهتر از الگوریتم‌های کلاسیک موجود عمل می‌کند.

---

[1] Image processing
[2] Machine vision
[3] Color
[4] Texture
[5] Edge
[6] Spectral clustering
[7] Ng-gordan-Weiss
[8] Scaling parameter

یک چارچوب قطعه‌بندی جدید بر اساس پارتیشن‌بندی گراف دوبخشی پیشنهاد شده است که قادر به جمع‌آوری سوپر پیکسل‌های چند لایه در یک روش اصولی و خیلی مؤثر خواهد بود و در آن یک ساختار گراف دوبخشی نامتعادل طراحی شده است که منجر به یک الگوریتم طیفی زمان –خطی بسیار کارآمد می‌شود. روش پیشنهادی به دلیل استفاده از سوپر پیکسل به‌عنوان گروه‌بندی، برای قطعه‌بندی ساختار تصویر پیچیده رمزگذاری شده، دارای کارایی نسبتاً بالایی خواهد بود و از سوی دیگر، با ترکیب سوپر پیکسل‌های متنوع، در یک چارچوب بخش‌بندی گراف دوبخشی به شیوه‌ای کارآمد دست یافته‌اند. روش قطعه‌بندی پیشنهادی در مقایسه با دیگر روش‌های قطعه‌بندی، نیاز به نرمال‌سازی کمتری خواهد داشت. نتایج تجربی وسیع بر روی پایگاه داده دانشگاه برکلی[9]، نشان‌دهنده عملکرد برتر روش قطعه‌بندی تصویر پیشنهادی از نظر هر دو معیار کمی و ادراکی می‌باشد همچنین استفاده از روش آن‌ها، عملکرد بهتری را بر روی پایگاه داده قطعه‌بندی برکلی نسبت به تکنیک‌های دیگر فراهم آورده است [۷].

الگوریتم خوشه‌بندی طیفی مبتنی بر فاصله بافتی برای قطعه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای SAR انجام شده است و ابتدا تصویر از لحاظ کمیت شدت روشنایی توسط الگوریتم انتقال میانگین قطعه‌بندی می‌شود و به دنبال آن با استفاده از ویژگی‌های بافت قطعات و از روش خوشه‌بندی طیفی خودتنظیم‌شونده عمل ادغام قطعات صورت می‌گیرد. در این پژوهش استفاده از چندین نماینده بافت برای هر قطعه که توسط الگوریتم خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به دست می‌آیند، سبب شده تا نتایج این روش با بهترین الگوریتم‌های قطعه‌بندی موجود قابل‌رقابت باشد. از دیگر ویژگی‌های آن استفاده نکردن از اطلاعات مکانی برای عملیات قطعه‌بندی است. یکی از کاربردهای بسیار مفید روش پیشنهادی، قطعه‌بندی و متمایز نمودن بافت هر ناحیه از هر تصویر SAR است. در الگوریتم پیشنهادی نیازی به تنظیم دستی پارامتر مقیاس σ که یکی از مشکلات خوشه‌بندی طیفی است، نمی‌باشد؛ ضمن آنکه تعداد خوشه‌ها نیز به‌طور اتوماتیک تعیین می‌شود. الگوریتم پیشنهادی آن‌ها فرورفتگی‌ها و برآمدگی‌ها و همچنین زوایا در مرز نواحی را به‌خوبی مشخص می‌کند [۸].

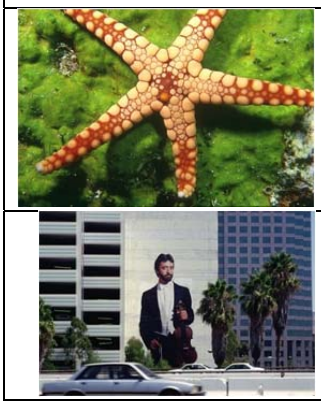
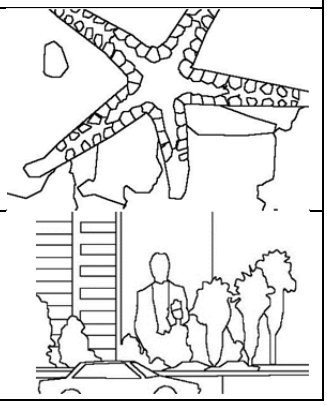
زمانی که تصاویر به‌واسطه نویز خراب‌شده باشند خوشه‌بندی طیفی نمی‌تواند کارایی قطعه‌بندی رضایت بخشی را فراهم آورد به‌منظور غلبه بر حساسیت نویز از الگوریتم خوشه‌بندی طیفی استاندارد، یک الگوریتم خوشه‌بندی طیفی فازی جدید با اطلاعات مکانی قوی برای قطعه‌بندی تصاویر ارائه شده است که در مرحله اول یک مجموعه‌ی پیکسل غیر محلی وزن‌دار از تصویر اصلی با یک ترتیب مشابه برای هر پیکسل تولید می‌شود. سپس با استفاده از تعریف مقادیر عضویت فازی، در میان مقادیر خاکستری یک معیار تشابه فازی قوی خاکستری در تصویر جدید تولید می‌شود. سپس، ماتریس شباهت به‌دست‌آمده توسط این معیار، تنها به تعدادی از سطح‌های خاکستری وابسته است و به‌راحتی می‌تواند ذخیره شود و روش پارتیشن‌بندی گراف طیفی می‌تواند بر روی گروه مقدارهای خاکستری از تصویر تولیدشده‌ی جدید اعمال شود که در نهایت پیکسل‌های متناظر در تصویر برای به دست آوردن نتیجه قطعه‌بندی نهایی طبقه‌بندی می‌شوند [۹].

با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی و به کمک تطبیق ویژگی‌های رنگ و بافت دقت سامانه‌های بازیابی تصویر افزایش یافته است. بـرای اسـتخراج ویژگی بافت از تبدیل موجک پارامتری استفاده کرده‌اند و ویژگی رنگ به‌صورت هیستوگرام رنگ در فضای رنگ HSV در نظر گرفته‌اند. پارامترهـای موجک مادر و سطوح چندی سازی بـا اسـتفاده از الگـوریتم جستجوی گرانشی برای حداکثر کردن دقـت بازیـابی بهینـه گروه معنایی با استفاده از محاسبه گراف دقت ارزیابی‌شده است [۱۰]. در روش پیکسونی جهت بهبود روش FCM[10] در قطعه‌بندی تصاویر با استفاده به‌جای اینکه کلیه‌ی پیکسل‌های یک تصویر در قطعه‌بندی آن مورد ارزیابی قرار گیرند، تنها تعدادی پیکسون (که هر یک حاوی چندین پیکسل می‌باشند) در بخش‌بندی تصویر موردبررسی قرار می‌گیرند [۱۱].

[9] Berkeley
[10] Fuzzy c-means

۳- پیش‌فرض‌های پژوهش

تعیین تعداد دقیق خوشه‌های یک مجموعه اشیاء یکی از مسائل حل نشده یادگیری بدون نظارت می‌باشد روش‌هایی برای تعیین تقریبی تعداد خوشه ابداع شده است اما هنوز این روش‌ها کاملاً به نتیجه نرسیده است. در این پژوهش ما ارزیابی را بر مبنای تعداد مختلف خوشه انجام داده‌ایم. اگر تعداد خوشه‌ها در ابتدا مقداری کمتر از حد لازم تفکیک تعریف کنیم قطعات مجزای تصویر باهم یک قطعه واحد را می‌سازند و اگر تعداد خوشه مقداری بیشتر از حد لازم باشد خوشه‌بندی قطعات واحد را بر اساس تغییر جزئی در رنگ و بافت به قطعات مجزا تقسیم می‌کند [۱۲]. بر همین اساس در این پژوهش فرض بر آن شده است برای تصاویری که دارای تنوع رنگ بیشتری هستند تعداد خوشه‌ها را افزایش دهیم و برای تصایر دارای تنوع رنگ کمتر تعداد خوشه‌ها را کاهش دهیم. در شکل ۱ نمونه‌ای از قطعه‌بندی پیشنهادی به ترتیب با تعداد خوشه ۷ و ۳، آورده شده است.

تصویر اصلی	K = 7	K = 3	قطعه‌بندی زمین مرجع
			

شکل ۱: تحلیل تعداد خوشه‌ها در تغییر مقدار k

٤- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی شامل چهار مرحله است. مرحله اول، ابتدا با استفاده از الگوریتم SLIC[11] به تولید سوپر پیکسل پرداخته‌ایم که این الگوریتم با استفاده از یک فضای ۵ بعدی و در فضای رنگی سیلب[12] سوپر پیکسل‌ها را تولید می‌کند. سپس برای نمایه‌سازی و تفکیک سوپر پیکسل‌ها و در نهایت یافتن قطعات تصاویر از دو دسته ویژگی رنگ و بافت تصویر استفاده می‌شود. در مرحله دوم ویژگی رنگ هر سوپرپیکسل استخراج می‌شود و چیدمان ویژگی رنگ هر سوپر پیکسل بدین‌صورت می‌باشد که برای هر تصویر در فضای HSV سه هیستوگرام مجزا برای کانال‌های H[13]، S[14] و V[15] در نظر گرفته شده و برای جلوگیری از پیچیدگی زمانی، هر هیستوگرام به ترتیب به ۸ و ٤ و ٤ زیر فاصله، چندی سازی[16] شده است و در مرحله سوم برای پیدا کردن ویژگی بافت از الگوریتم NSCT[17] استفاده شده است[۱۳] و در مرحله چهارم داده‌های ساخته شده با استفاده از روش پیشنهادی جدید خوشه‌بندی طیفی با هسته فازی خوشه‌بندی می‌شوند و تمام سوپرپیکسل‌هایی که یک برچسب خوشه دارند در یک قطعه قرار می‌گیرند [١٤].

[11] Simple Linear Iterative Clustering
[12] CIE LAB
[13] Hue
[14] Saturation
[15] Value
[16] Quantize
[17] Nonsubsampled Contourlet Transform

٤-١. سوپر پیکسل

ایده اصلی سوپرپیکسل کاهش تعداد نمونه‌های موردنیاز پردازش تصویری می‌باشد. هر سوپرپیکسل نماینده یک ناحیه همگن و با معنای تصویری که از مجموعه‌ای پیکسل‌های مجاور تشکیل شده است و در قالب یک واحد داده قابل دسترس و پردازش خواهد بود.

مزایای استفاده از سوپرپیکسل را می‌توان چنین برشمرد:

۱. معمولاً برنامه‌های پردازش تصویر به دلیل انجام پردازش بروی صدها هزار پیکسل هزینه پردازش زیادی دارند درصورتی‌که با استفاده از سوپرپیکسل می‌توانیم پیچیدگی فضائی پردازش را به تعداد چند صد واحد کاهش دهیم.

۲. با استفاده از سوپرپیکسل علاوه بر کاهش پیچیدگی فضای و افزایش سرعت پردازش کیفیت نتایج افزایش می‌یابد.

روش‌های متعددی برای تولید سوپرپیکسل ابداع شده است در این تحقیق که نواحی همگن با اندازه‌های تقریباً همسان به‌منظور استخراج بافت تصویر موردنیاز است روش SLIC را بکار برده‌ایم.

٤-٢. الگوریتم SLIC

الگوریتم SLIC الگوریتمی است که برمبنای الگوریتم خوشه‌بندی K-mean ابداع شده است. برای خوشه‌بندی در این الگوریتم هر پیکسل در یک فضای ۵ بعدی که با ویژگی‌های L و a و ۷ از فضای رنگی LAB تعریف می‌گردد [۱۵].

برای انتخاب ویژگی پیکسل، به این دلیل از فضای رنگی LAB استفاده شده که در فاصله‌های کم از نظر ادراکی یک دست باشند. به‌جای استفاده مستقیم از معیار شباهت فاصله اقلیدسی، در یک فضای ۵ بعدی الگوریتمSLIC از یک فضای محدود مطلوب که به‌طور تقریبی برای همه سوپر پیکسل‌ها برابر است استفاده می‌کند. اگر تعداد پیکسل‌های این فضا K باشد ابعاد این فضای محدود $S = \sqrt{N/K}$ خواهد بود (N تعداد کل پیکسل‌های تصویر است).

اگر $[l_i \, ،a_i \, ،b_i \, ،x_i \, ،y_i]^T$ مختصات پیکسل i در فضای ۵ بعدی باشد و C_k با مختصات $[l_k ،a_k ،b_k ،x_k ،y_k]^T$ آنگاه معیار فاصله چنین خواهند بود:

$$\begin{aligned} d_{lab} &= \sqrt{(l_k - l_i)^2 + (a_k - a_i)^2 + (n_k - b_i)^2} \\ d_{xy} &= \sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2} \\ D_s &= d_{lab} + \frac{m}{S} d_{xy} \end{aligned} \qquad (۱)$$

که در آن متغیر m پارامتری برای تنظیم فشردگی سوپر پیکسل‌ها می‌باشد. الگوریتم SLIC در مقایسه با K-mean پیشرفت‌های دیگری نیز داشته است. با کاهش فضای جستجو محاسبه فواصل به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد و موجب افزایش سرعت خوشه‌بندی می شود [۱٦].

٤-٣. استخراج ویژگی رنگ

جهت استخراج ویژگی رنگ در این پژوهش از روش مرسوم هیستوگرام رنگ استفاده شده است و به این صورت عمل می‌کند که پس از تبدیل تصویر ورودی از فضای RGB بهHSV فضای H,S,V به‌صورت خطی بخش‌بندی می‌شوند. به دلیل توانائی افتراق (تمایز) حس بینائی انسان، حساسیت به رنگ (H) بیش از مؤلفه‌های روشنایی (S) و خلوص (V) است ازاین‌رو فضای H به هشت بازه و هرکدام از فضاهای S و V به چهار بازه چندی‌سازی می‌شوند [۱۷].

فرض کنیم هر رنگ در هر فضای رنگی در محدوده [0.1] قرار داشته باشد آنگاه اندیس هر زیر فاصله چنین محاسبه می‌شود:

$$bin = f(H.S.V) = \lfloor n_H H \rfloor n_S n_V + \lfloor n_S S \rfloor n_V + \lfloor n_V V \rfloor \qquad (۲)$$

ازآنجاکه در این پژوهش از سوپر پیکسل به‌عنوان واحد پردازش تصویری استفاده شده است، برای هر سوپر پیکسل تعداد پیکسل‌هایی که رنگ آن‌ها در بازه چندی شده وجود دارد شمارش می‌گردد. هیستوگرام به‌صورت مجزا با شمارش پیکسل‌های ناحیه تخصیص داده شده به هر سوپر پیکسل که در بازه‌های تعریف شده قرار دارند انجام می‌گیرد و در نهایت توسط هیستوگرام برای هر سوپر پیکسل ۱۲۰ = ٤*٤*٨ ویژگی به دست می‌آید.

بردار ویژگی رنگ عبارت است از

$$F_{HSV-COLOR} = \{H'(1)\ ،H'(2)\ ،H'(3)\ ،\ldots،H'(300)\} \quad (۳)$$

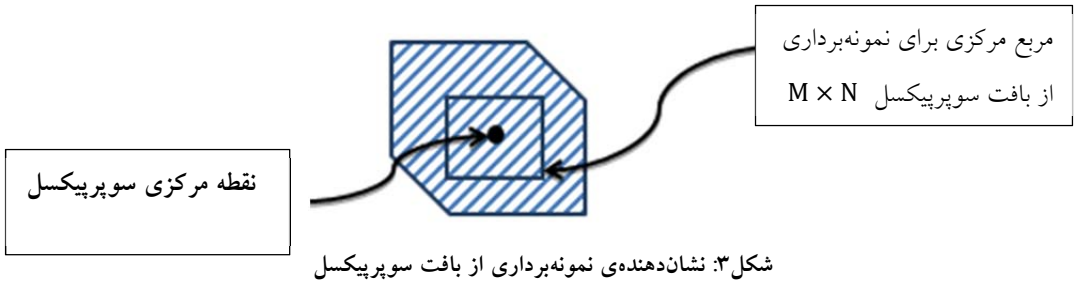
که در این مجموعه ویژگی $H'(i)$ فراوانی نسبی رنگ چندی شده‌ی i می‌باشد.

$$H'(i) = \frac{H(i)}{N} \quad (٤)$$

$H(i)$ تعداد پیکسل‌های که دارای رنگ چندی شده‌ی i را دارا می‌باشند و N تعداد کل پیکسل‌ها در سوپر پیکسل انتخاب شده است. نمودار شماتیک ساخت هیستوگرام رنگ استفاده شده در این پژوهش در شکل شماره ۲ آورده شده است.

٤-٤. استخراج ویژگی بافت

جهت استخراج ویژگی بافت در این پژوهش از الگوریتم NSCT بهره جسته‌ایم این الگوریتم یک تصویر را به چندین زیر باند تجزیه می‌کند. زیر باندهای با مقیاس‌ها و جهات مختلف؛ که در این تحقیق ما از ۱۰ زیر باند استفاده کرده‌ایم[۱۹،۱۸]. در مرحله بعد مرکز هر سوپر پیکسل‌های تولید شده را محاسبه می‌کنیم و از نقطه مرکزی پنجره‌ای به طول و عرض یکسان را در نظر می‌گیریم و ماسک موردنظر ایجاد می‌شود این ماسک را بر روی ۱۰ زیر باند تجزیه شده تصویر اعمال می‌کنیم و ویژگی‌های آماری موردنیاز این پژوهش که میانگین، انحراف معیار و آنتروپی[18] می‌باشد از هر نمونه بر روی زیر باند، برای هر سوپر پیکسل محاسبه می‌شود [۲۰]. شکل ۳ چگونگی نمونه‌برداری از بافت سوپرپیکسل را نشان می‌دهد.



شکل۳: نشان‌دهنده‌ی نمونه‌برداری از بافت سوپرپیکسل

ویژگی بافت هر سوپر پیکسل با توجه به معیارهای میانگین و انحراف معیار و آنتروپی به‌صورت زیر برای هر سوپر پیکسل ذخیره می‌شود:

$$F_{texture}(l) = \{\mu(l.1).\ldots\mu(l.10).\sigma(l.1).\ldots\sigma(l.10).Entropy(l.1).\ldots.Entropy(l.10)\} \quad (٥)$$

و بدین‌گونه ۳۰ ویژگی برای بافت ذخیره می‌شود.

[18] Entropy

٤-٥. الگوریتم قطعه‌بندی پیشنهادی

در روش پیشنهادی برای قطعه‌بندی تصویر از الگوریتم جدید KFCM[19] استفاده شده است. KFCM نسخه هسته‌ای از FCM[20] را ارائه می‌دهد که با استفاده از یک تابع هسته، فاصله نقاط داده از مراکز خوشه را محاسبه می‌کند [۲۱]. در KFCM داده‌ها از فضای ورودی، به فضایی با بعد بالاتر که معمولاً فضای هسته نامیده می‌شود، نگاشته می‌شوند و داده‌ها در آن به‌صورت ساختارها یا الگوهای ساده‌تر نشان داده می‌شوند تابع هسته در این الگوریتم با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$K = e^{-\|x-y\|^2/\rho} \quad (٦)$$

ابتدا تابع عضویت محاسبه می‌شود و سپس با استفاده از یک اندازه شباهت فازی هسته‌ای تعلق هر نمونه داده را به خوشه‌ها محاسبه می‌کنیم [۲۲].

مراحل الگوریتم استفاده شده در این پژوهش بدین شرح می‌باشد:

۱. مجموعه اشیاء ابتدا با استفاده از الگوریتم KFCM خوشه‌بندی می‌شوند و یک ماتریس عضویت U ایجاد می‌گردد [۲٤،۲۳].

۲. برای هر عنصر x_i تعداد t زدیک‌ترین همسایه یافت می‌شود.

۳. برای تمام جفت اشیاء x_j, x_i

اگر x_j , x_i ، t نزدیک‌ترین همسایه یکدیگر نبودند آنگاه: $W_{ij} = 0$ ، اگر x_i و x_j به یک خوشه تعلق داشتند و t نزدیک‌ترین همسایه بودند آنگاه : $W_{ij} = 1$ در غیر این صورت $W_{ij} = e^{(\ln 2)\times(u_i \oplus u_j)}$ برای سنجش نزدیکی و مشابهت دو شی که درجه ت ق آن‌ها را در اختیار داریم از عملگرهای انحصاری (Exclusive OR) استفاده می‌کنیم که درواقع میزان هم‌پوشانی دو مجموعه فازی است.

٤. در این مرحله یک ماتریس قطری D تعریف می‌شود که در آن عنصر D_{ij} برابر با مجموع سطر i آم ماتریس W است. بنابراین داریم :

$$D_{ij} = \sum_{j=1}^{n} W_{ij} \quad (٧)$$

پس از آن به‌صورت زیر نرمال‌سازی می‌شود.

$$L = D^{-1/2} W D^{-1/2} \quad (٨)$$

تعداد K بردار ویژه بزرگ‌تر L را پیدا می‌کنیم (بردار اول انتخاب می‌شوند) و ماتریس $P = \{p^1. p^2. p^3. \ldots. p^k\}$ را تشکیل می‌دهیم و سپس الگوریتم با نرمال‌سازی مجدد هر سطر در ماتریس P ماتریس Y را تشکیل می‌دهد .

$$Y_{ij} = \frac{p_{ij}}{\left(\sum_j p_{ij}^2\right)^{1/2}} \quad (٩)$$

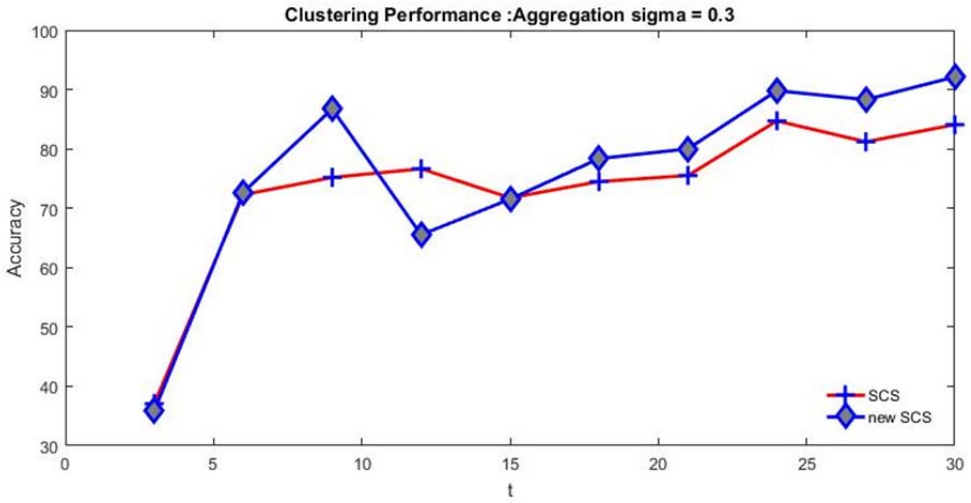
۵. هر سطر Y یک نقطه در فضای R^k تلقی می‌شود و در آخر خوشه‌بندی نهائی آن‌ها را با استفاده از الگوریتم K-mean اجام می‌دهیم.

برای تعیین دقت خوشه‌بندی از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

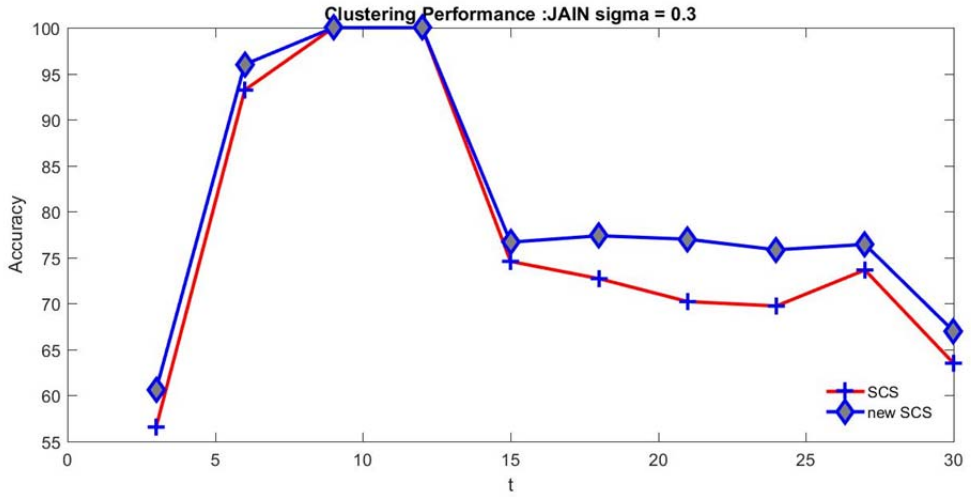
$$Accuracy = \frac{\sum_{i=1}^{n} \delta(y_i. map(c_i))}{n} \quad (١٠)$$

برای مقایسه کارایی این الگوریتم، آن را با الگوریتم پیشنهاد شده‌ی یانگ و همکاران که در مرجع [٦] با نام SCS تعریف شده است مقایسه‌ی کرده‌ایم و بر روی دو دیتاست با نام Aggregation و JAIN اجرا کرده‌ایم.

[19] Kernel fazzy C-Means
[20] Fuzzy C-Means



شکل٤: نشان‌دهنده‌ی کارایی پایگاه داده Aggregation



شکل٥: نشان‌دهنده‌ی کارایی پایگاه داده JAIN

همان‌طور که در شکل‌های بالا نشان داده شده است میزان کارایی روش پیشنهادی نسبت به روش پیشنهادی یانگ و همکاران بیشتر بوده است.

جدول۱: مقایسه دقت خوشه‌بندی برای چهار دیتاست ساختگی و با تنظیم سیگما ۰.۳ و تعداد نزدیک‌ترین همسایه ۹.

نام دیتاست	تعداد خوشه	روش SCS	روش جدید پیشنهادی
Aggregation	7	74.20	77.60
JAIN	2	100.00	100.00

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۱، دقت خوشه‌بندی روش پیشنهادی ٤ .۳ در مقایسه با الگوریتم SCS افزایش‌یافته است، مقایسه کارایی آنها در ادامه ارائه می‌گردد. در الگوریتم SCS برای ایجاد سوپر پیکسل از روش Turbopixel استفاده‌شده است ویژگی رنگ شامل ٦٤ مؤلفه و ۱۰ مؤلفه برای ویژگی بافت بکار رفته است. در این الگوریتم با همان روش کرنل فازی برای خوشه‌بندی استفاده‌شده است که مقایسه بخش خوشه‌بندی دو الگوریتم در فصل قبل با داده‌های ساختگی موردبررسی قرار گرفت. سی تصویر از

مجموعه تصاویر دانشگاه برکلی انتخاب‌شده است. پارامترهای خوشه‌بندی برای هر دو الگوریتم یکسان در نظر گرفته‌شده مقدار سیگما ۰.۳ و مقدار تعداد نزدیک‌ترین همسایه ۹ خوشه‌بندی برای تعداد ۱۰؛ ۱۵ و ۲۰ خوشه برای هر تصویر انجام‌شده است به عبارتی هر تصویر با هر روش سه بار خوشه‌بندی می‌شود. پس از خوشه‌بندی با استفاده از توابع متلب نوشته شده که در سایت پردازش تصویر دانشگاه برکلی در دسترس است شاخص‌های BDE و GCE محاسبه شده‌اند.

جدول۲: نتایج الگوریتم SCS برای سی تصویر انتخابی در سه گروه خوشه‌بندی

K	PRI	GCE
10	0.7113	15.6574
15	0.7083	15.9511
20	0.7072	15.7750
میانگین	0.7090	15.7945

جدول۳: نتایج الگوریتم روش پیشنهادی برای سی تصویر انتخابی در سه گروه خوشه‌بندی

K	PRI	GCE
10	0.7206	15.3959
15	0.7174	15.7061
20	0.7105	15.9525
میانگین	0.7162	15.6848

همچنان که در دو جدول ۲ و ۳ دیده می‌شود در روش پیشنهادی شاخص PRI در جهت بهبود افزایش داشته و شاخص GCE در جهت بهبود کاهش داشته است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش دو ویژگی رنگ و بافت جهت قطعه‌بندی تصویر در نظر گرفته‌شده است و با استفاده از الگوریتم‌های فازی هسته‌ای و تعریف یک تابع شباهت جدید برای مقایسه عناصر تصویری، قطعه‌بندی تصویر را پیاده‌سازی کرده‌ایم. در روش پیشنهادی برای افزایش سرعت و کاهش پیچیدگی فضائی و زمانی از ایده گروه‌بندی اولیه پیکسل‌ها یا سوپر پیکسل سود جسته‌ایم. خوشه‌بندی طیفی مستلزم هزینه محاسباتی بالا می‌باشد ازاین‌رو جهت صرفه‌جویی در زمان و سرعت بخشیدن به قطعه‌بندی تصاویر استفاده از خوشه‌بندی با سوپر پیکسل‌ها نتایج بهینه‌ای را محقق خواهد کرد و پیچیدگی زمانی و فضایی را کاهش می‌دهد. همان‌طور که در جدول‌های قبل نشان داده شد، الگوریتم پیشنهادی به‌طورکلی و با در نظر گرفتن ۲ معیار GCE و PRI کارایی خوبی را از خود نشان داده است و در مواردی بهتر از دیگر الگوریتم‌ها نیز می‌باشد [۲۵]. این نتایج خوب حاصل ابتکاراتی بوده که در الگوریتم پیشنهادی ارائه شده است. تعین تعداد دقیق خوشه‌های یک مجموعه اشیاء هنوز یکی از مسائل حل نشده یادگیری بدون نظارت می‌باشد. روش‌هایی برای تعیین تقریبی تعداد خوشه ابداع شده است اما هنوز این روش‌ها کاملاً به نتیجه نرسیده است [۲۶]. در این پژوهش ما ارزیابی را بر مبنای تعداد مختلف خوشه انجام داده‌ایم. به‌عنوان کارهای آتی می‌توان با اعمال الگوریتم‌های مختلف و ارزیابی آن‌ها به نتیجه قطعی در مورد تعیین تعداد خوشه‌ها رسید.

منابع

[۱] صادقیان، پریا؛ بورجندی، معصومه؛ (۱۳۹۲)، بررسی روش‌های قطعه‌بندی تصویر و مقایسه آن‌ها، ششمین همایش فرا منطقه‌ای پیشرفته‌ای نوین در علوم مهندسی، تنکابن، موسسه آموزش عالی آیندگان.

[۲] اکبری زاده، غلامرضا؛ رحمانی، معصومه؛ الگوریتم خوشه بندی طیفی مبتنی بر فاصله بافتی برای قطعه‌بندی تصاویر ماهواره‌ایSAR ؛ فصلنامه صنایع الکترونیک ٤؛ ۱۳۹۲.

[3] Du, H., Wang, Y., Dong, X., & Cheung, Y. M. (2015, August). Texture image segmentation using spectral clustering. In International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 671-676). Springer International Publishing.

[٤] مدنی، سحر؛ امین غفاری، مینا؛ (۱۳۸۸)، یک روش خوشه‌بندی طیفی جهت یافتن ماژول‌های مشابه در شبکه‌های پیچیده، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، انجمن کامپیوتر، مرکز توسعه فناوری نیرو.

[٥] فیاض، طیبه؛ طوسی، محمد امین (۱۳۹٤)، محاسبه پارامترهای خوشه‌بندی طیفی در تصاویر MRI با الگوریتم ژنتیک، هشتمین کنفرانس بین‌المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، دانشگاه فردوسی مشهد.

[6] Yang, Y., Wang, Y., & Xue, X. (2016). A novel spectral clustering method with superpixels for image segmentation. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 127(1), 161-167.

[7] Li, Z., Wu, X. M., & Chang, S. F. (2012, June). Segmentation using superpixels: A bipartite graph partitioning approach. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on (pp. 789-796). IEEE.

[٨] اکبری زاده، غلامرضا؛ رحمانی، معصومه؛ (۱۳۹۲)، الگوریتم خوشه‌بندی طیفی مبتنی بر فاصله بافتی برای قطعه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای SAR، فصلنامه صنایع الکترونیک ٤.

[9] Liu, H., Zhao, F., & Jiao, L. (2012). Fuzzy spectral clustering with robust spatial information for image segmentation. Applied Soft Computing, 12(11), 3636-3647.

[۱۰] راشدی،عصمت؛ نظام‌آبادی پور، حسین؛ سریزدی؛ سعید، (۱۳۹۲)، افزایش دقت سامانه‌های بازیابی تصویر به کمک تطبیق ویژگی‌های رنگ و بافت با استفاده از الگوریتم جستجوی گرانشی، دستگاه‌های هوشمند در مهندسی برق، سال چهارم، شماره سوم.

[۱۱] حسن‌پور، حمید؛ نادرنژاد؛ احسان، (۱۳۸٦)، استفاده از ساختار پیکسونی جهت بهبود روش Fuzzy C-means در قطعه‌بندی تصاویر، سیزدهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، جزیره کیش، انجمن کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف.

[12] Ferreira, M. R., & De Carvalho, F. D. A. (2014). Kernel fuzzy c-means with automatic variable weighting. Fuzzy Sets and Systems, 237, 1-46.

[13] Liu, M., Hou, Y., Guo, X., Huan, Z., & Yang, D. (2009, October). Texture classification using nonsubsampled contourlet transform and LS-SVM. In Image and Signal Processing, 2009. CISP'09. 2nd International Congress on(pp. 1-5). IEEE.

[14] Liu, H. Q., Jiao, L. C., & Zhao, F. (2010). Non-local spatial spectral clustering for image segmentation. Neurocomputing, 74(1), 461-471.

[15] Biswas, S., Ghoshal, D., & Hazra, R. (2016). A new algorithm of image segmentation using curve fitting based higher order polynomial smoothing. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 127(20), 8916-8925.

[16] Hsu, C. Y., & Ding, J. J. (2013, December). Efficient image segmentation algorithm using SLIC superpixels and boundary-focused region merging. In Information, Communications and Signal Processing (ICICS) 2013 9th International Conference on (pp. 1-5). IEEE.

[17] Figueroa, J. P., & Bykbaev, V. R. (2012). Image retrieval based on the combination of RGB and HSV's histograms and Colour Layout Descriptor. Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología, (7).

[18] Liu, M., Hou, Y., Guo, X., Huan, Z., & Yang, D. (2009, October). Texture classification using nonsubsampled contourlet transform and LS-SVM. In Image and Signal Processing, 2009. CISP'09. 2nd International Congress on (pp. 1-5). IEEE.

[19] Simon, P. (2012). A novel statistical fusion rule for image fusion and its comparison in non subsampled contourlet transform domain and wavelet domain. arXiv preprint arXiv:1205.1648.

[20] Xiaolan, H., Yili, W., & Yiwei, W. (2013). Texture feature extraction method combining nonsubsampled contour transformation with gray level co-occurrence matrix. Journal of multimedia, 8(6), 675-684.

[21] Gu, X., & Purvis, M. (2016, April). Image Segmentation with Superpixel Based Covariance Descriptor. In Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 154-165). Springer International Publishing.

[22] Chen, L., Chen, C. P., & Lu, M. (2011). A multiple-kernel fuzzy C-means algorithm for image segmentation. IEEE

Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 41(5), 1263-1274.

[23] Ferreira, M. R., & De Carvalho, F. D. A. (2014). Kernel fuzzy c-means with automatic variable weighting. Fuzzy Sets and Systems, 237, 1-46.
[24] Chaudhuri, K., Chung, F., & Tsiatas, A. (2012, June). Spectral clustering of graphs with general degrees in the extended planted partition model. In Conference on Learning Theory (pp. 35-1).
[25] Levinshtein, A., Stere, A., Kutulakos, K. N., Fleet, D. J., Dickinson, S. J., & Siddiqi, K. (2009). Turbopixels: Fast superpixels using geometric flows. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 31(12), 2290-2297.
[26] Jia, H., Ding, S., & Du, M. (2015). Self-tuning p-Spectral clustering based on shared nearest neighbors. Cognitive Computation, 7(5), 622-632.

Image Segmentation using spectral clustering based SuperPixel

Fatemeh Afsari Sholi[1], Jalil Azimpour[2], Marziye Dadvar[3]

1. MSc Student in Computer Software, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran Fatemeh.afsari737@gmail.com
2. Department of Computer Software, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran Jalil@azimpour.ir
3. Department of Artificial Intelligence, Bushehr Branch, Islamic Azad University, Bushehr, Iran Marziye.dadvar@gmail.com

Abstract:
One of the sciences in order to increase the efficiency of intelligent systems to be used in the visual sense, is Machine vision science. The first step in many applications in machine vision is image segmentation. Image segmentation, refers to the grouping of pixels in an image So that these pixels, the same qualities have with each other And the pixels adjacent parts, have different characteristics. The most important feature used in image segmentation, colors and features. In monochrome images, the gray level is considered as properties But color images, different color spaces used as a color feature. In this study, the color and texture features for image segmentation is considered. Clustering-based methods of are used in image segmentation methods and Gaussian function is similar measure in clustering images. Spectral clustering requires has high computational cost. To save time and accelerate the segmentation of images Using clustering with Super pixels will achieve optimal results And to achieve reliable results approximate and fuzzy algorithm is used. The proposed algorithm is applied on several standard image And the evaluation criteria,Evaluated and evaluated by the indicators are evaluated and compared. The results of the experiments were compared to other fragmentation methods, suggesting a 3.4% superiority in the segmentation accuracy of the proposed algorithm, and all the evaluation indicators of the study have increased to a satisfactory level.

Keywords: image segmentation, kernel fuzzy clustering, spectral clustering, SuperPixel