

مقاله پژوهشی

تشخیص لبه تصاویر دیجیتالی با استفاده از خوشه‌بندی فازی بهینه شده

Doi: 10.30508/KDIP.2023.368960.1054

محب علی صوفی (نویسنده مسئول)^۱ | علیرضا نصیری^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و ریاتیکز، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

۲- استادیار گروه برق، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۹

صفحه: ۶۶ - ۷۷

چکیده:

یکی از مهم‌ترین بخش‌های تصویر لبه‌ها می‌باشند. به مرز بین دو ناحیه از تصویر که دارای تفاوت قابل توجه در شدت روشنایی، رنگ و یا بافت باشد، لبه گفته می‌شود. تشخیص لبه یک مرحله اساسی در تقسیم‌بندی تصویر و یکی از مهم‌ترین مراحل برای تشخیص ویژگی اشیاء در یک تصویر می‌باشد. اخیراً پژوهش‌های زیادی در زمینه تشخیص لبه انجام شده است که هر کدام سعی در تشخیص بهتر لبه‌های تصویر داشته‌اند. در این پژوهش برای تشخیص لبه تصاویر دیجیتالی، از تئوری فازی و مفهوم خوشه‌بندی فازی استفاده شده است، در ابتدا پیکسل‌های تصویر بر اساس میزان سطح خاکستری آنها به خوشه‌هایی تقسیم شده و سپس با تعیین فیلترهای مناسب اقدام به تشخیص لبه تصویر شده است. روش پیشنهاد شده لبه‌های تصویر را به خوبی تشخیص داده، همچنین در تشخیص لبه‌هایی از تصویر که به علت سطح نور نامناسب و یا نویزی بودن امکان تشخیص صحیح آنها وجود ندارد عملکرد چشمگیری از خود نشان داده است. نتایج این پژوهش نشان داد؛ روش پیشنهادی در اکثر موارد نتایج بهتری نسبت به روش‌های معمول ارائه داده است و این به علت عملکرد خوب آن در تشخیص جزئیات تصویر مانند؛ ضخامت و قوی و ضعیف بودن لبه‌ها می‌باشد به خصوص در تصاویری که دارای وضوح کمتر و یا کانتیر پایین‌تری است، عملکرد خیلی خوبی داشت.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر، تشخیص لبه، تئوری فازی، خوشه‌بندی فازی.

۱- مقدمه

تصویر یکی از بزرگ‌ترین منابع اطلاعاتی فعالیت‌های هوشمندانه بشر است. با گذشت زمان نیاز به پردازش تصویر نیز روز به روز افزایش پیدا کرده است (کومار و راهجا، ۲۰۲۰). تشخیص لبه یکی از عملیات‌های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل تصویر و همچنین پیش پردازش لازم در تقسیم‌بندی تصویر است. یک لبه مرز میان دو ناحیه تصویر است. عملیات تشخیص لبه در حوزه‌های مختلف پردازش تصویر مانند؛ استخراج ویژگی‌ها، تشخیص ویژگی‌ها و تشخیص الگو و غیره ضروری است (سینگه، شکار، سینگه و چوهان، ۲۰۱۴). تمام روش‌های تشخیص لبه تحت دو گروه گرادیان و لاپلاس طبقه‌بندی می‌شوند (بستان، بخاری، وبروئل، ۲۰۱۷؛ کروویلا، سوکوماران، سنکار، و جوی، ۲۰۱۶). در بین روش‌های تشخیص لبه، عملگر لاپلاسن، روبرتز، سوبل، پرویت، کنی و روش‌های منطق فازی دارای بیشترین استفاده هستند، وجود نویز و مات‌شدگی تصویر از جمله مشکلاتی هستند که در این تکنیک‌ها با آن مواجه می‌شوید (راهجا و کومار، ۲۰۲۱). انعطاف‌پذیری و پتانسیل ذاتی سیستم‌های فازی از جمله مقاومت در برابر نویز و سهولت ادغام با دستگاه‌های نانومتریک برای پیاده‌سازی‌های عملی، آن‌ها را به بستری مناسب برای کاربردهای مختلف تخصصی دانش بنیان تبدیل کرده است (بزرگمهر، معیری، ناوی، و باقرزاده، ۲۰۱۷). در پژوهش‌رن و همکاران که با هدف ارائه یک رویکرد فازی جدید انجام شده، برای تشخیص لبه تصاویر دیجیتالی از روش خوشه‌بندی فازی استفاده شده است. خوشه‌بندی یکی از شاخه‌های یادگیری بدون نظارت می‌باشد و فرآیند خودکاری است که در طی آن نمونه‌ها به دسته‌هایی که اعضای آن مشابه یکدیگر می‌باشند تقسیم می‌شوند (رن، وانگ، فنگ، اکسو، لیو، و دینگ، ۲۰۱۹).

۲- مبانی نظری

یکی از روش‌های آشکارسازی لبه، استفاده از عملگرهای کلاسیک مانند فیلترهای خطی می‌باشد. این روش‌ها اگر چه دارای قدرت کمتری در آشکارسازی لبه هستند ولی به دلیل سهولت پیاده‌سازی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در پژوهشی یک روش فازی برای حذف نویز و ضربه در تصاویر دیجیتال بررسی شده است، روش پیشنهادی از تابع عضویت مثلثی از نوع ممدانی و پنجره 2×2 استفاده کرده است، در نهایت نتیجه لبه‌یابی به دست آمده با عملگرکانی^۷ و سوبل^۸ مقایسه شده است (بزرگمهر، جوک، موآجری، ناوی، باقرزاده، ۲۰۲۰). باهاگمباتی و همکاران یک روش جدید بر پایه استراتژی استدلال منطق فازی برای تشخیص لبه در تصاویر دیجیتال بدون تعیین مقدار آستانه پیشنهاد کرده‌اند، روش پیشنهاد شده با بخش‌بندی تصویر به نواحی مختلف، با استفاده از ماتریس باینری 3×3 شروع می‌شود، به طوری که پیکسل‌های لبه به محدوده یا از مقادیر متمایز از یکدیگر نگاشته می‌شود. قابلیت اطمینان نتایج روش پیشنهاد در این مقاله شده برای تصاویر گرفته شده متفاوت، با عملگر سوبل خطی مورد مقایسه قرار می‌گیرد، این روش باعث تأثیر پایدار در همواری و صاف بودن خطوط برای خط‌های مستقیم و گرد شدن برای خط‌های منحنی می‌شود. در این حالت گوشه‌های تصویر تیزتر و به راحتی قابل تعریف می‌باشند. از جمله معایب روش مذکور، این است، هنگامی که عملگر سوبل بر روی این تصویر اعمال می‌شود، لبه‌های گسسته یا در سمت چپ ظاهر خواهد شد، که در نتیجه باید در انتخاب قوانین فازی خاص که باعث اجتناب از دوبر شدن لبه‌ها و به دست آوردن یک تصویر با لبه‌های منفرد شود دقت بسیاری نمود (باغاباتی و داس، ۲۰۱۲). در پژوهشی نتایج مطالعه یک روش جدید فازی برای تشخیص لبه تصویر بر اساس ترانزیستور اثر میدان

1- Kumar, & Raheja

2- Singh, Shekhar, Singh, & Chauhan

3- Batan, Bukhari, & Breuel,

4- Kuruvilla, Sukumaran, Sankar, & Joy

5- Bozorgmehr, Moaiyeri, Navi, & Bagherzadeh

6- Ren, Wang, Feng, Xu, Liu, & Ding

7- Canny

8- Sobel

9- Bozorgmehr, Jooq, Moaiyeri, Navi, & Bagherzadeh

10- Bhagabati, & Das

که حاوی تعداد زیادی باند با شکاف بسیار باریک در حوزه طیفی است، با مشکلاتی مواجه هستند. در این پژوهش، یک روش جدید بر مبنای منطق فازی برای تشخیص لبه در تصاویر دیجیتال که توانایی یافتن آستانه را ندارند، پیشنهاد شده است. این روش از طریق تقسیم بندی تصاویر به بخش هایی با استفاده از ماتریس های 3×3 دوتایی آغاز می شود. این روش پیشنهادی با نتایج حاصل از روش های PSO و شبکه عصبی مقایسه شده است. این تکنیک پیشنهادی یک اثر دایمی در هموارسازی خطوط و صافی برای خطوط مستقیم و گردی خوب برای خطوط منحنی و وضوح در منحنی ها ارائه می کند (دیوا و پراکاش^۱، ۲۰۱۹).

۳- روش تحقیق

الگوریتم با قسمت کردن پیکسل های تصویر HI به ناحیه های (ماسک های) 3×3 شروع می شود و سپس تصویر به وسیله سیستم استنتاج فازی به محدوده ای از مقادیر نگاشت داده می شود و تشخیص لبه انجام می شود (خیار و تکار^۲، ۲۰۱۲). مراحل اصلی در تشخیص لبه به روش فازی عبارتند از: فازی سازی تصاویر، اصلاح مقادیر عضویت و غیر فازی سازی در صورت لزوم. با توجه به هشت بیتی بودن تصویر ورودی و تصویر خروجی ای که بعد از غیر فازی سازی بدست می آید، سطوح خاکستری همیشه بین مقادیر ۰ تا ۲۵۵ می باشند. مجموعه های فازی برای نشان دادن شدت هر یک از متغیرها تولید می شوند. این مجموعه ها به متغیرهای زبانی رنگ مشکی، رنگ سفید و لبه وابسته اند، همچنین تابع عضویت در نظر گرفته شده برای مجموعه های فازی ورودی و خروجی به صورت مثلثی می باشد. در مرحله استنتاج نیز از توابع Min و Max برای عملیات And و Or استفاده می شود، روال غیر فازی سازی و استنتاج نیز روش ممدانی می باشد (اوروجو، مسکلانس، دامسویوس، و ووی^۳، ۲۰۲۰). مراحل فازی و غیر فازی کردن به دلیل انجام نشدن پردازش سخت افزار فازی است. بنابراین کد کردن داده تصویر و دیکد کردن نتایج مرحله

نانولوله کربنی (CNTFET) ارائه می کند. طراحی پیشنهاد شده در این مقاله از یک قاعده ساده برای تشخیص لبه تصویر دیجیتال استفاده می کند. برای بررسی عملکرد و رویکرد فازی پیشنهادی در این مقاله نتایج با اپراتورهای تشخیص لبه MATLAB مانند Canny, Sobel و Prewitt مقایسه شده اند و نتایج شبیه سازی، نشان داد که رویکرد فازی پیشنهادی می تواند از طریق گیت های منطقی در مقیاس نانو پیاده سازی شود و دقت معقولی را ارائه نماید و عنصر اصلی سیستم پیشنهاد شده که با CNTFETs اجرا می شود، مساحت چیدمان $1/0$ را اشغال کرده و 535 نانو وات توان را مصرف می کند. نتایج این مقاله همچنین بر فواید گیت- همه- طرفه (GAA) به عنوان یک کاندیدای بالقوه برای کاربردهای پردازش تصویر فازی در مقیاس نانو تاکید می کند (بزرگمهر و همکاران، ۲۰۲۰). در پژوهش دیگری، فلورس ویدال و همکاران که عملیات تشخیص لبه را با متد خوشه بندی فازی انجام داده، مشاهده می شود؛ به طور سنتی، فرآیند تشخیص لبه به یک مرحله نهایی نیاز دارد که به عنوان مقیاس بندی شناخته می شود. این کار برای تصمیم گیری، پیکسل به پیکسل برای مشخص شدن اینکه این کار به عنوان لبه نهایی انتخاب شود یا نه، انجام می شود. این مساله را می توان به عنوان یک روش ارزیابی محلی در نظر گرفت که مشکلات زیادی در عمل ایجاد می کند، زیرا پیکسل های حاشیه نباید به عنوان مستقل در نظر گرفته شوند (فلوراس ویدال، اولاسو، گومز، و گیودا^۴، ۲۰۱۹). نتایج پژوهش دیوا و همکارش، نشان داد که تشخیص لبه نقش مهمی در زمینه پردازش تصویر دارد. تکنیک های مختلف تشخیص لبه مانند سوبل، PSO، Prewitt و لاپلاسن و لاپلاسن گاوسی به دست آمده است. این تکنیک ها محدودیت هایی مانند ضخامت لبه ثابت را مصرف می کنند و برخی پارامترها مانند: آستانه برای پیاده سازی، مشکل ساز است. اگر چه بسیاری از روش های تشخیص لبه برای تصاویر در مقیاس خاکستری، رنگی و چند طیفی پیشنهاد شده اند، اما هنوز هنگام استخراج ویژگی های لبه از تصاویر فراطیفی (HSIs)

1- Flores-Vidal, Olaso, Gómez, & Guada

2- Dhivya, & Prakash

3- Khaire, & Thakur

4- Orujov, Maskelinas, Damaševičius, & Wei

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{0.5}} \right\} \quad (2-3)$$

مولفه‌ی اشباع براساس معادله‌ی (۳-۳) بدست می‌آید:

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} \min(R, G, B) \quad (3-3)$$

سرانجام مولفه‌ی شدت نیز براساس معادله‌ی (۳-۴) بدست می‌آید:

$$I = \frac{1}{3} (R + G + B) \quad (4-3)$$

فرض می‌شود که مقادیر RGB به بازه‌ی [۰, ۱] نرمال‌سازی شدند و زاویه θ نسبت به محور قرمز در فضای HSI محاسبه می‌شود. پرده رنگ H می‌تواند به بازه‌ی [۰, ۱] نرمال شود، که برای این کار باید تمام مقادیر حاصل از معادله ۳-۳ بر ۳۶۰ درجه تقسیم گردد. اگر مقادیر RGB در فاصله [۰, ۱] باشند، دو مولفه دیگر HSI نیز در این بازه بوده‌اند.

انسان ابتدا عکس‌ها را بر اساس دامنه‌ی طول موج نوری که از یک شیء منعکس می‌شود به عبارت دیگر رنگ و حجم نوری که از آن جسم منعکس می‌شود، یعنی شدت می‌بیند. با استفاده از این واقعیت مولفه اشباع از تصویر HSI حذف شده و شدت و رنگ برای تشکیل فرم جدیدی از عکس‌های HI اضافه می‌شوند. مقادیر پیکسل‌ها در محدوده‌ی [۰, ۱] به [۰, ۲۵۵] برای تسهیل در فهم محاسبات تغییر می‌یابند. عکس‌های فراهم شده‌ی HI شبیه رنگ خاکستری با مقادیر پیکسل صفر تا ۲۵۵ به نظر می‌رسد (بیسواس، و هزرا^۳، ۲۰۱۸؛ کالرا، و چوهکار^۴، ۲۰۱۶).

فازی کردن، محاسبه‌ی درجه‌ی عضویت و خوشه‌بندی پیکسل‌ها

این عکس‌های HI به‌عنوان مجموعه‌ی فازی در نظر گرفته شده است. درجه عضویت فازی عناصر پیکسل بر اساس مقادیر خاکستری HI تعریف می‌شود به طوری که بیشترین تعداد پیکسل‌ها که مقادیر خاکستری ثابتی دارند، دارای بالاترین درجه‌ی عضویت می‌باشند، به طور مشابه مجموعه‌ی دومین بیشترین پیکسل‌ها که دارای

است که امکان پردازش تصویر را با تکنیک‌های فازی فراهم می‌سازد، قدرت اصلی در مرحله میانی یعنی اصلاح مقادیر عضویت فازی می‌باشد. سپس داده‌های تصویر از صفحه سطوح خاکستری به صفحه عضویت فازی تبدیل می‌شود. تکنیک‌های فازی مناسب مقادیر عضویت فازی را اصلاح کرده و تصویر را خوشه‌بندی می‌کند (وانگ، ژانگ، و ویی^۱، ۲۰۱۹).

بنابراین لبه‌یابی تصویر پیشنهادی براساس سیستم فازی شامل ۵ مرحله اصلی به شرح زیر است:

- تبدیل تصویر رنگی RGB به تصویر HSI و HI
- فازی کردن پیکسل‌ها و محاسبه مقادیر درجه عضویت فازی
- خوشه‌بندی تصویر و تعریف قوانین فازی
- اعمال سیستم استنتاج ممدانی
- غیرفازی‌سازی کردن خروجی

تبدیل تصویر رنگی RGB به تصویر HSI و HI

مدل HSI ابزار ایده‌آلی برای تولید الگوریتم‌های پردازش تصویر براساس توصیف‌های رنگی است که برای انسان، طبیعی و شهودی است. به طور خلاصه می‌توان گفت که RGB برای تولید رنگ تصویر مناسب است (مثل تصویربرداری توسط دوربین خانگی یا نمایش تصویر در صفحه مانیتور رنگی)، اما استفاده از آن برای توصیف رنگ، خیلی محدود است. مطالبی که در ادامه می‌آید، روش آسانی را برای انجام این کار فراهم می‌سازد (کیو و همکاران^۲، ۲۰۲۱). محاسبات از RGB به HSI و برعکس، برحسب بیت‌ها انجام می‌گیرد. برای سهولت، وابستگی (x, y) در معادلات تبدیلی در نظر گرفته نشده است. اگر تصویری با فرمت RGB داشته باشیم، مولفه H هر پیکسل RGB با استفاده از معادله (۳-۱) به دست می‌آید.

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (1-3)$$

بطوری که مقدار θ از رابطه‌ی (۲-۳) بدست می‌آید

1- Wang, Zhang, & Wei

2- Qi et al

3- Biswas, & Hazra

4- Kalra, & Chhokar

ماسك‌های G_x و G_y به منظور تشخيص لبه در جهت افقی و عمودی به کار می‌رود.

G_x	G_y		
0	1	0	-1
-1			

شكل (۲): ماسك‌های لبه

دامنه‌ی پیکسل‌های لبه با استفاده از معادله‌ی (۳-۶) محاسبه می‌شود:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3-6)$$

این ماسك‌های 3×3 به محاسبات کمتری برای تشخيص لبه در مقایسه با ماسك‌های 3×3 دیگر بکار رفته در Sobel و Prewitt نیاز دارد. همچنین اثر Blurring به هنگام تشخيص لبه کاهش می‌یابد. عموماً عكس‌های واقعی شامل هر دو لبه قوی و ضعیف می‌باشد. اینجا دو آستانه برای لبه‌ها تنظیم شده که شامل آستانه بالا و آستانه پایین می‌شود. لبه‌های بالاتر از آستانه بالا، لبه‌های قوی و لبه‌های پایین‌تر از آستانه پایین، لبه‌های ضعیف می‌باشند. مقادیر آستانه بالا برای لبه‌های قوی 0.3 و برای لبه‌های ضعیف مقدار آستانه پایین برابر 0.4 ضرب در آستانه بالا می‌باشد.

تعریف قوانین فازی

ویرایش‌گر قاعده فازی شامل عملکرد تعیین قوانین به تابع عضویت است. قوانین می‌توانند بر اساس انواع ورودی تابع عضویت تغییر کنند. به طور کلی ماسك‌های 3×3 بر اساس ۲۸ قانون عمل می‌کنند (بیسواس، و هزرا، ۲۰۱۸). همان‌طور که در شكل شماره (۳) مشخص است این ماسك‌ها با توجه به حالت سیاه (b) یا سفید (w) بودن پیکسل‌های اطراف یک پیکسل، لبه بودن آن پیکسل را مشخص می‌کنند.

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_R(x, y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \\ = \min[\mu_A(x), \mu_B(y)].$$

مقادیر ثابت خاکستری می‌باشند، درجه عضویت بعدی را داراست. به عنوان مثال کمتر از یک. هر پیکسل در عكس مقادیر عضویت خودش را بر اساس تعداد پیکسل‌های با همان درجه خاکستری نگه می‌دارد. حال یک پیکسل در این عكس فازی سه مشخصه دارد:

۱- مختصات فضایی

۲- مقدار پیکسل (مقدار خاکستری)

۳- درجه عضویت فازی (مقدار عضویت)

مجموعه فازی F از عكس‌ها بر اساس معادله‌ی ۵-۳ تعریف می‌شود:

$$F = \{(x, \mu_F(x), x \in X)\} \quad (3-5)$$

که $\mu_F(x)$ مقدار درجه عضویت (پیکسل) عنصر x در (عكس) مجموعه فازی F را مشخص می‌کند. که میزان مقادیر خاکستری ثابت برای هر پیکسل نشان‌دهنده درجه عضویت آن پیکسل و میزان تعلق آن به هر خوشه می‌باشد.

اشکال متفاوتی از توابع عضویت از قبیل: مثلثی، دوزنقه‌ای، تک‌های خطی، گوسین، زنگوله و غیره وجود دارد. در بسیاری از مقالات تابع عضویت مثلثی به علت دارا بودن فرمول‌های انعطاف‌پذیر برای محاسبه استفاده می‌شود. پارامترهای تابع عضویت مثلثی به عنوان a, b, c است که b نقطه اوج آن است. در روش پیشنهادی در این مقاله پیکسل‌های ورودی به مجموعه سیاه، سفید و پیکسل خروجی به سه مجموعه فازی سیاه (B)، لبه (E) و سفید (W) تقسیم شده و از ماسك‌های 3×3 استفاده شده است.

شكل (۱): حالت کلی ماسك‌های 3×3		
$(1-j, 1-i)$	$(j, 1-i)$	$(1+j, 1-i)$
$(1-j, j)$	(j, j)	$(1+j, j)$
$(1-j, 1+i)$	$(j, 1+i)$	$(1+j, 1+i)$

یک اپراتور گردایان 3×3 در جهت افقی و عمودی در شكل شماره (۱) نشان داده شده است. این ماسك‌ها بر روی عكس‌های تقسیم شده جزئی (HI) مرحله‌ی قبل و

Rule 1	Rule 2	Rule 3	Rule 4	Rule 13	Rule 14	Rule 15	Rule 16
Rule 5	Rule 6	Rule 7	Rule 8	Rule 21	Rule 22	Rule 23	Rule 24
Rule 9	Rule 10	Rule 11	Rule 12				

شکل (۳): ۲۸ قانون فازی سیستم پیشنهادی

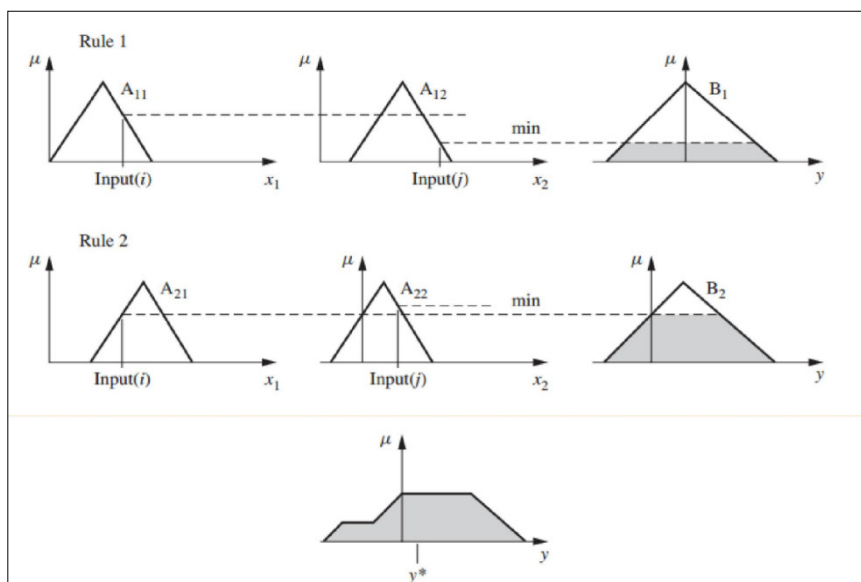
براساس معادله‌ی (۳-۷)، عمل غیرفازی‌سازی بر روی تابع عضویت خروجی انجام می‌گیرد و نتایج به صورت عددی بدست می‌آید (دریانکو، هلندوم، و رینفرانک، ۲۰۱۳).

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_R(x, y) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \quad (3-7)$$

$$= \min[\mu_A(x), \mu_B(y)].$$

سیستم استنتاج ممدانی

فرم کلی قوانین در سیستم استنتاج ممدانی در شکل شماره (۴) نشان داده شده است، نتایج هر قانون که با مقدارهای B_1 و B_2 مشخص می‌باشند. همان طور که مشخص است پس از تجمیع نتایج حاصل قوانین



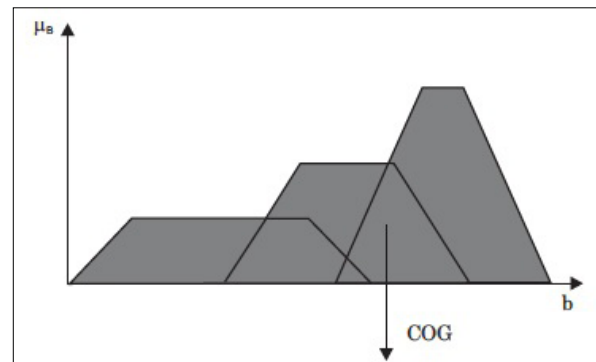
شکل (۴): فرم کلی اجرای قوانین در سیستم استنتاج ممدانی

غيرفازی کردن خروجی

غيرفازی کردن با روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که متداول‌ترین آن روش مرکز ثقل^۱ (COG) می‌باشد. غيرفازی ساز مرکز ثقل نقطه را بعنوان مرکز ناحیه‌ای که بوسیله تابع عضویت پوشش داده شده تعریف می‌کند که در رابطه (۳) - (۸) مشخص شده است.

$$COG(A) = \frac{\int \mu_A(z).z dz}{\int \mu_A(z).dz} \quad (۸-۳)$$

نمایش گرافیکی این غيرفازی ساز در شکل شماره (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵): مرکز ثقل در سیستم فازی

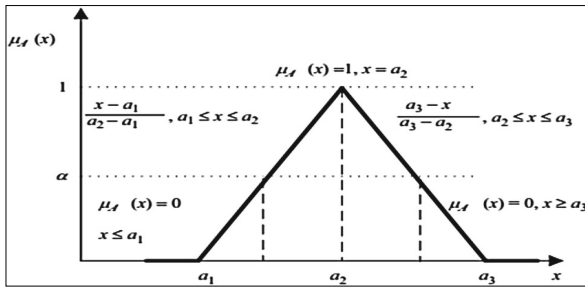
۴- یافته‌های تحقیق

معرفی مجموعه داده

در این پژوهش از مجموعه داده^۲ BSD استفاده شده است. این پایگاه داده حاوی قسمت‌هایی از Ground Truth می‌باشد که این تصاویر توسط انسان حاوی طیف وسیعی از صحنه‌های طبیعی تولید شده است. معیارهایی که برای انتخاب گرفته شده بر این اساس بوده که حداقل در هر تصویر، منظره طبیعی یک شی باید قابل شناسایی باشد.

تابع عضویت فازی

در منطق فازی این تابع نشان دهنده درجه حقیقت بعنوان بسطی از ارزیابی است. در این پژوهش از تابع عضویت مثلثی به دلیل انعطاف پذیری بیشتر استفاده شده است. پارامترهای تابع عضویت مثلثی به عنوان a, b, c است که b نقطه اوج آن می‌باشد.



شکل (۶): فرم کلی تابع عضویت مثلثی

تنظیمات و نتایج آزمایشات

این روش پیشنهادی با استفاده از متلب ۲۰۱۸ شبیه‌سازی شده است. تصاویر BSD و Ground Truth مربوط در آزمایشات استفاده شد. پارامترهای بهبود استفاده شده PSNR و PR (نسبت لبه‌های درست به غلط) هستند.

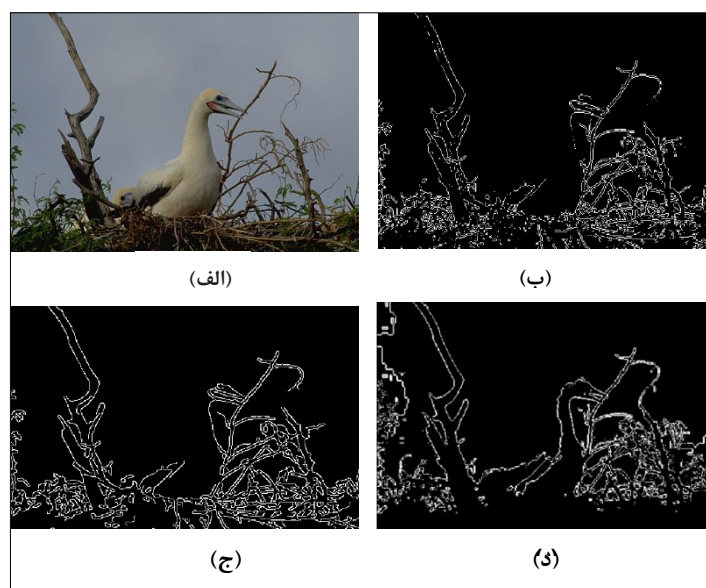
$$PSNR(f, g) = 10 \log_{10} \left(255^2 / MSE(f, g) \right)$$

$$MSE(f, g) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{ij} - g_{ij})^2 \quad (۲-۴)$$

لبه‌یابی تصاویر در روش پیشنهادی

پس از نوشتن کد برنامه در نرم افزار مطلب عکس‌های انتخاب شده به برنامه داده شدند، در شکل شماره (۷)، یکی از تصاویر لبه‌یابی شده مشاهده می‌شود.

1- Center of gravity
2- Berkeley Segmentation Dataset



شكل (۷): تصوير پرنده لبه يابی شده به روش پيشنهادی. (الف) تصوير پيش فرض، (ب) تصوير لبه يابی شده با روش كنى، (ج) تصوير لبه يابی شده با روش سوبل، (د) تصوير لبه يابی شده به روش پيشنهادی

در روش پيشنهادی تشخيص لبه ها به وضوح قابل مشاهده هستند و از كيفيت و وضوح بيشترى نسبت به روش كنى و سوبل برخوردار است. اين روش تصاير واضح ترى نسبت به روش هاى مرسوم سوبل و كنى ارائه داده است كه اين به علت قدرت اين روش در تشخيص لبه هاى ضعيف مى باشد. نتايج مربوط به عملکرد تعداد ۳۰ عكس كه با روش پشنهاد شده و روش كنى لبه يابی و مقايسه شده اند در جدول شماره (۲) مشاهده مى شود، بيشترين مقادير PR و PSNR در روش پشنهاد شده مربوط به عكس ۱ (۱۳۵۰۶۹) به ترتيب مقادير ۰/۴۱۹ و ۹۹۳۱/۲۳ مى باشد. ميانگين PR مجموعه تصاوير ارزيايى شده به روش پشنهاد شده ۷۰۰/۱۴ مى باشد كه نسبت به ميانگين PR در تصاوير بدست آمده با روش كنى به مراتب بهتر و دقيق تر است. ميانگين PSNR تصاوير ارزيايى شده به روش پشنهاد شده ۳۳۵۸/۲۰ مى باشد كه نسبت به ميانگين PSNR مربوط به تصاوير مربوط به روش كنى نسبتاً بهتر است.

همان طور كه در شكل شماره (۷) مشاهده مى شود، در روش پيشنهادی لبه هاى تشخيص داده شده به وضوح قابل مشاهده بوده و از كيفيت و وضوح بيشترى نسبت به روش كنى و سوبل برخوردار است. در جدول شماره (۱) مقادير PR و PSNR، شكل شماره (۷)، روش پيشنهادی با روش هاى كنى و سوبل مقايسه شده است، چنانچه مشاهده مى شود مقدار PR در روش پيشنهادی بسيار بهتر از مقادير PR در روش سوبل و كنى است ولى نسبت PSNR روش پيشنهادی با روش كنى و سوبل داراى اختلاف نسبتاً كمى است.

جدول (۱): مقادير PR و PSNR شكل (۷) با روش پيشنهادی و روش هاى كنى و سوبل		
روش / خطا	PR	PSNR
سوبل	۱,۳۸	۴۳,۳۵
كنى	۲,۶۳	۴۳,۳۸
روش پيشنهادی	۳,۷۹	۴۳,۳۷

جدول (۲): مقایسه نتایج ارزیابی تصاویر روش پیشنهاد شده با روش کنی

	BSD Image	Canny (T=0.3, σ=1)		Proposed (T=0.3)	
	.No	(PSNR(dB	PR	(PSNR(dB	PR
1	135069	9735/23	1513/14	9931/23	0419/28
2	176039	4721/23	9261/6	487/23	113/10
3	15088	3726/23	8939/8	3953/23	7663/17
4	12074	2335/23	2393/7	246/23	8485/10
5	210088	0153/23	7167/8	0247/23	2036/13
6	28075	9767/22	2033/8	981/22	1661/8
7	108073	5102/21	8069/5	5224/21	3232/10
8	3096	4189/21	5835/5	4337/21	5958/9
9	134052	2264/21	4736/6	2345/21	0943/11
10	189080	9795/20	993/8	9949/20	4702/12
11	189011	6882/20	3055/6	6976/20	5861/10
12	253036	4877/20	6724/12	4997/20	8664/21
13	8068	1962/20	9881/4	1987/20	951/4
14	310007	122/20	3261/11	1268/20	2524/15
15	3063	0496/20	0618/4	0554/20	3045/4
16	118035	9168/19	3822/10	9305/19	5689/17
17	41004	8647/19	2601/9	8741/19	4356/15
18	23025	7855/19	5085/10	7884/19	2603/11
19	176035	7472/19	8046/6	758/19	4857/11
20	113044	4237/19	3814/11	442/19	7319/16
21	197017	2133/19	1349/11	2163/19	7429/14
22	181018	1163/19	4872/7	121/19	4562/10
23	35070	9636/18	6493/16	9703/18	8817/23
24	163014	7877/18	9464/10	7961/18	2093/16
25	101087	417/18	962/9	423/18	1953/11
26	157055	1672/18	8996/9	174/18	6058/11
27	242078	1324/18	006/11	1425/18	5446/16
28	42049	9737/17	8333/14	9908/17	2614/27
29	245051	3408/17	9813/13	3586/17	2115/26
30	35010	214/17	5393/12	2309/17	85/21

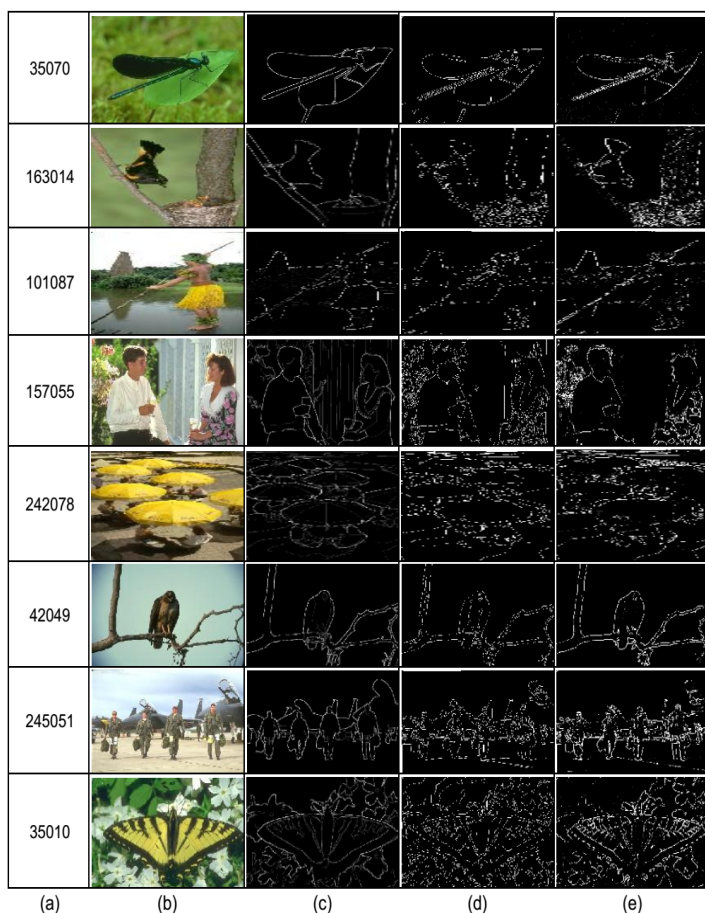


FIGURE 6: Column (a) Image No., Column (b) BSD image, Column (c) Ground Truth, Column (d) Canny's approach, Column (e) Proposed approach

شکل (۸): مجموعه تصاویر لبه‌یابی شده به روش پیشنهادی: ستون (a) شماره تصویر، ستون (b) تصویر RGB، ستون (c) Ground Truth، ستون (d) روش کنی، ستون (e) روش فازی پیشنهادی

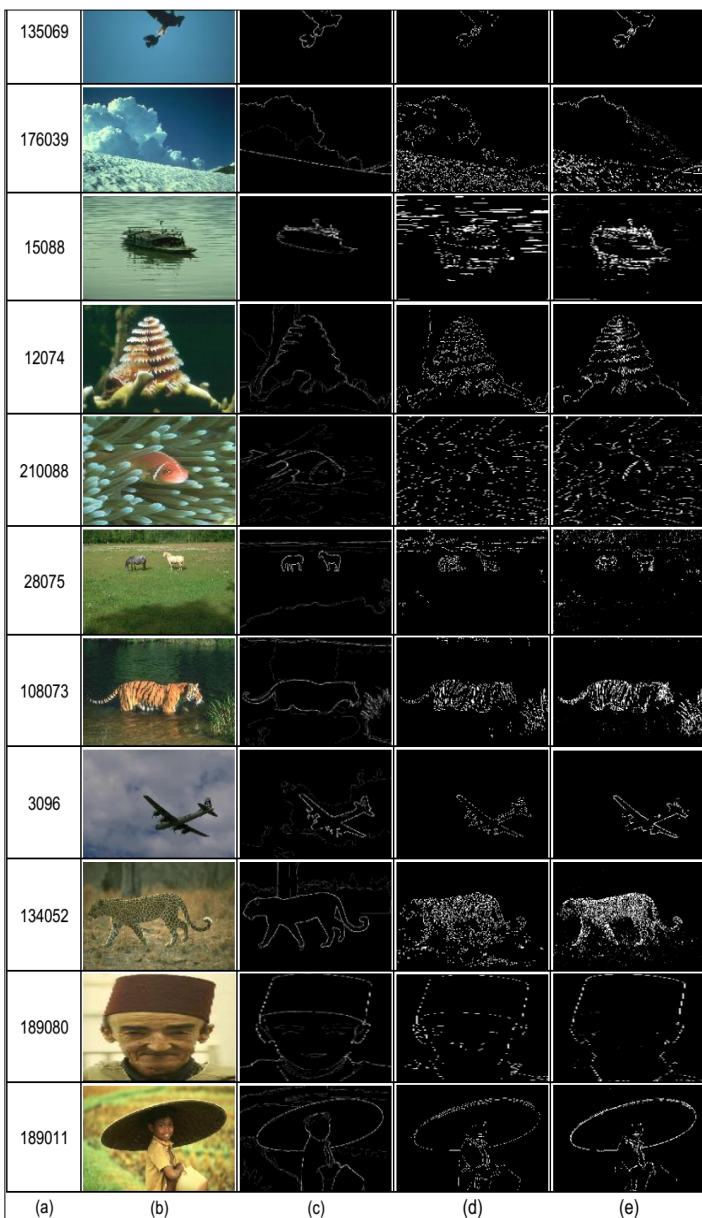


FIGURE 4: Column (a) Image No., Column (b) BSD image, Column (c) Ground Truth, Column (d) Canny's approach, Column (e) Proposed approach

۵- نتیجه گیری

تشخیص لبه یکی از تکنیک‌های مهم مورد استفاده برای تقسیم‌بندی تصویر است. تقسیم‌بندی تصویر حتی پس از چهار دهه همچنان یک مسئله مهم می‌باشد (منگ، ژانگ، ین، و ما، ۲۰۱۸). علاوه بر روش‌های سنتی در تشخیص لبه، در سال‌های اخیر روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی به منظور لبه‌یابی ارائه شده است. عمده روش‌های ارائه شده بر اساس ترکیب روش‌های سنتی در لبه‌یابی است. روش پیشنهاد شده در این پژوهش به دلیل حفظ پیوستگی لبه و حذف نویز، نتایج بهتری نسبت به برخی از روش‌های معمول نشان می‌دهد. در این پژوهش با استفاده از مفهوم فازی روشی جدید برای لبه‌یابی ارائه شده است

که در آن تصویر به عنوان یک مجموعه فازی و پیکسل‌ها عناصر مجموعه فازی محسوب می‌شوند. روش فازی پیشنهادی تصویر رنگی را به یک تصویر خوشه‌بندی شده تبدیل می‌کند، در نهایت یک تشخیص دهنده لبه بر روی تصویر خوشه‌بندی شده عمل کرده تا تصویر لبه‌دار حاصل شود. همان‌طور که عملگر پیشنهادی عمل تیره کردن^۲ را روی تصویر انجام نمی‌دهد، لبه‌های دوگانه را نیز کمتر شناسایی می‌کند. عموماً تصاویر واقعی لبه‌های قوی و ضعیف را شامل شده است. روش پیشنهادی هر دو لبه قوی و ضعیف را با قدرت لبه‌های مختلف با استفاده از حد آستانه بالا و پایین می‌دهد.

1- Meng, Zhang, Yin, & Ma,

2- Blurring

منابع:

- 1-Batan, M., Bukhari, S. S., & Breuel, T. (2017). Active Canny: edge detection and recovery with open active contour models. *IET Image Processing*, 11(12), 1325-1332.
- 2-Biswas, S., & Hazra, R. (2018). Robust edge detection based on Modified Moore-Neighbor. *Optik*, 168, 931-943.
- 3-Bozorgmehr, A., Jooq, M. K. Q., Moaiyeri, M. H., Navi, K., & Bagherzadeh, N. (2020). A novel digital fuzzy system for image edge detection based on wrap-gate carbon nanotube transistors. *Computers & Electrical Engineering*, 87, 106811.
- 4-Bozorgmehr, A., Moaiyeri, M. H., Navi, K., & Bagherzadeh, N. (2017). Ultra-efficient fuzzy min/max circuits based on carbon nanotube FETs. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 26(2), 1073-1078.
- 5-Dhivya, R., & Prakash, R. (2019). RETRACTED ARTICLE: Edge detection of satellite image using fuzzy logic. *Cluster Computing*, 22(Suppl 5), 11891-11898.
- 6-Driankov, D., Hellendoorn, H., & Reinfrank, M. (2013). *An introduction to fuzzy control*. Springer Science & Business Media.
- 7-Flores-Vidal, P. A., Olaso, P., Gómez, D., & Guada, C. (2019). A new edge detection method based on global evaluation using fuzzy clustering. *Soft Computing*, 23, 1809-1821.
- 8-Kalra, A., & Chhokar, R. L. (2016, September). A Hybrid approach using sobel and canny operator for digital image edge detection. In *2016 International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering (ICMETE)* (pp. 305-310). IEEE.
- 9-Khaire, P. A., & Thakur, N. V. (2012). A fuzzy set approach for edge detection. *International Journal of Image Processing (IJIP)*, 6(6), 403-412.
- 10-Kumar, A., & Raheja, S. (2020). Edge detection using guided image filtering and enhanced ant colony optimization. *Procedia Computer Science*, 173, 8-17.
- 11-KumarSingh, R., Shekhar, S., Bhawan Singh, R., & Chauhan, V. (2014). A comparative study of edge detection techniques. *International Journal of Computer Applications*, 100(19), 5-8.
- 12-Meng, Y., Zhang, Z., Yin, H., & Ma, T. (2018). Automatic detection of particle size distribution by image analysis based on local adaptive canny edge detection and modified circular Hough transform. *Micron*, 106, 34-41.
- 13-Orujov, F., Maskelinis, R., Damaševičius, R., & Wei, W. J. A. S. C. (2020). Fuzzy based image edge detection algorithm for blood vessel detection in retinal images. *Applied Soft Computing*, 94, 106452.
- 14-Raheja, S., & Kumar, A. (2021). Edge detection based on type-1 fuzzy logic and guided smoothening. *Evolving Systems*, 12(2), 447-462.
- 15-Ren, T., Wang, H., Feng, H., Xu, C., Liu, G., & Ding, P. (2019). Study on the improved fuzzy clustering algorithm and its application in brain image segmentation. *Applied Soft Computing*, 81, 105503.
- 16-Qi, Y., Yang, Z., Sun, W., Lou, M., Lian, J., Zhao, W., ... & Ma, Y. (2021). A comprehensive overview of image enhancement techniques. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-25.
- 17-Wang, A., Zhang, W., & Wei, X. (2019). A review on weed detection using ground-based machine vision and image processing techniques. *Computers and electronics in agriculture*, 158, 226-240.

©Authors, Published by Journal of Intelligent Knowledge Exploration and Processing. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

