

پردازش تصویر با استفاده از الگوریتم بهینه سازی مورچه ها

علی ندیری^۱، محمدرضا امینی^۲

^۱ کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

^۲ عضو هیئت علمی، گروه عمران، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:

محمدرضا امینی

چکیده

لبه‌یابی تصاویر یکی از مهمترین عملیات در پردازش تصویر به شمار می رود. به علت کاربردهای وسیع تصاویر رنگی، لبه‌یابی این تصاویر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بطور کلی لبه‌یابی تصاویر رنگی به دو روش برداری (Vector) و ترکیبی (Synthetic) می‌شود؛ کیفیت تشخیص لبه و زمان اجرا، این الگوریتم‌ها را از یکدیگر متمایز می‌سازد. زمان اجرای الگوریتم‌های لبه‌یابی در کاربردهای واقعی بسیار حائز اهمیت است؛ بدین معنی که استفاده از الگوریتمی که لبه‌های تصویر را با کیفیت مطلوب تشخیص داده اما زمان اجرای بالایی دارد در بسیاری از کاربردها (حساس به زمان)، عملاً غیر ممکن است. با توجه به کاربردهای مهم پردازش تصویر و تشخیص لبه‌ها، ضرورت انجام تشخیص لبه تصویر در امور پردازش تصویر بدیهی به نظر می‌رسد. و لازم است از روش‌های بهینه‌سازی استفاده گردد که دارای زمان اجرای تا حد امکان کم ولی قدرت تشخیص بالا باشند. بر این اساس این مطالعه اجرای یک روش جدید تشخیص لبه تصویر بر مبنای بهینه‌سازی گروه مورچه‌ها مورد بحث قرار داده است. نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار MATLAB موفقیت نقشه - لبه ساخته شده توسط روش پیشنهاد شده در این تحقیق را با کمک عوامل آماری مثل کاپا، FOM، فاصله Hausdorff و Baddeleys's Delta Metric ارزیابی گردید. نتایج به دست آمده با ردیاب‌های لبه سنتی مقایسه شدند.

واژگان کلیدی: الگوریتم بهینه‌سازی مورچه‌ها، تشخیص لبه عکس، بررسی آماری

مقدمه

الگوریتم های بهینه سازی گروه مورچه ها فرایندهای ساختاری مرتبط با راه حل های بهینه سازی هستند که از طریق حرکت مورچه های مصنوعی با کمک گراف ساخت $GC = (C, L)$ بدست می آیند که در این گراف L مجموعه اتصال دهنده اجزای C می باشد. این مساله با مسائل اکتشاف مورچه ها مرتبط می باشد. راه حل با ترکیب راه حل های ممکن و غیر ممکن ساخته می شود، $c_i \in C, l_{ij} \in L$ با هم برای ساخت الگوریتم مفید هستند. مسیر فرمونی τ بوده و مقدار هروستیکی (اکتشافی) η می باشد. مسیر فرمونی برای اطلاعات فرایند جستجو به باقیمانده مورچه ها می کند. از نظر بعضی از زیست شناسان این کاملاً مشهود است که اعضای حسی بصری مورچه های واقعی ذاتاً ناقص هستند و در بعضی موارد آنها کاملاً نابینا هستند. تحقیقی عمیق در مورد رفتار مورچه ها نشان می دهد که بخش عظیمی از ارتباط توسط یک مورچه یا بین چند مورچه کاملاً با استفاده از مواد شیمیایی تولید شده توسط مورچه ها انجام می شود که فرمون ۱ نامیده می شود. همچنین رفتار جستجو برای غذا در انواع مورچه ها بر مبنای ارتباط غیر مستقیم است که احتمالاً با فرمونها انجام میشود. در حال قدم زدن از منبع غذا به لانه یا برعکس مورچه ها فرمون بر روی زمین می ریزند که با این روش مسیر فرمونی ای را شکل می دهند. با احساس کردن برای هر تراکم فرمونی ممکن آنها مسیرها را بر حسب احتمال به خاطر هر تراکم فرمونی قوی انتخاب می کنند.

گروه های مورچه ها علاوه بر اینکه ساده و ذاتاً کوچک هستند نظام های تقسیم شده ای هستند که می توانند سازماندهی اجتماعی بسیار منظمی را انجام دهند. این زمانی اتفاق می افتد که آنها قادر به انجام بسیاری از کارهای پیچیده هستند که خیلی فراتر از تواناییهای یک مورچه به تنهایی است. الگوریتم های مورچه ای ویژگی اساسی را از مورچه های واقعی می گیرند و در طراحی الگوریتمهای جدید برای پیشرفت بهینه سازی نظام های تقسیم شده مفید هستند [1]. طبیعت بنیادی پشت تمام این فعالیت ها شکلی از ارتباط غیر مستقیم است که نشانه ورزی^۲ نامیده می شود که به خاطر تغییر شکل محیط اتفاق می افتد. آنچه که اینجا در حال اتفاق افتادن است این است که مورچه ها نوعی از مواد شیمیایی را بر روی زمین میریزند که دیگر مورچه ها به خاطر احتمال زیاد همان راه را دنبال می کنند. محققان تلاش کرده اند که این نشانه ورزی را در مورچه های مصنوعی اعمال کنند تا در جوامع مورچه های مصنوعی هماهنگی ایجاد کنند [2].

فرا اکتشافی مجموعه ای از مفاهیم الگوریتمی است که می تواند مورد استفاده قرار گیرد تا روشهای اکتشافی قابل اجرا را برای انواع وسیعی از مسئله ها را تعریف کند. استفاده از این فرا اکتشافی، پیدا کردن راه حل های کیفیتی را برای مسئله ها سخت NP را در زمانی معقول ممکن ساخته است. بهینه سازی گروه مورچه از همان رفتار مورچه های واقعی به وجود آمده است. بهینه سازی گروه مورچه به عنوان چارچوب رایجی برای کاربردهای موجود و رویکردهای الگوریتمی نوعی از الگوریتمهای گروه مورچه ها ارائه شده است. فرا اکتشافی بهینه سازی گروه مورچه توسط Dorigo و همکارانش شروع شد. بهینه سازی گروه مورچه نوعی از فرا اکتشافی است که در آن گروهی از مورچه های مصنوعی در پیدا کردن راه حل های خوب برای مسئله های بهینه سازی (گسسته) دشوار همکاری می کنند. بعضی تفاوت های اساسی بین مورچه های واقعی و مورچه های مصنوعی وجود دارد [3]:

در مورچه های واقعی حرکت ناهماهنگ و در مورچه های مصنوعی هماهنگ است.

رفتار جستجو به دنبال غذا در مورچه های واقعی مبتنی بر نوعی از راه حل ضمنی است.

الگوریتم های بهینه سازی گروه مورچه ها می تواند برای حل مسئله های بهینه سازی ترکیبی ایستا و پویا مورد استفاده قرار گیرند. یک بهینه سازی ترکیبی می تواند گفته شود که بدترین مورد پیچیدگی را دارد به شرطی که بهترین الگوریتم برای حل آن مساله همه نمونه های ممکن با اندازه n در محدوده زمانی مشخص را حل کند. همچنین می توانیم بگوییم که این مسئله بصورت چند جمله ای زمانی قابل تعریف است به شرطی که حداکثر میزان زمان محاسباتی مورد نیاز برای حل کردن هر یک از نمونه های

¹ pheromone² stigmergy

ممکن از اندازه n برآورده شود. اگر چه به نظر می رسد که برخی از مسائل ترکیبی راه حل بهینه را در چند جمله ای زمانی پیدا کنند اما برای اکثر مسائل هیچ راه حل محدودی برای بدترین مورد پیچیدگی یافت نمی شود. برای این مسائل زمان اجرا به طور نمایی با اندازه n افزایش می یابد.

آشکارسازی لبه ها به صورت بنیادی برای تحلیل تصاویر، برای مثال قطعه بندی تصویر، ثبت نام و شناسایی است [4]. این پراسفاده ترین شکل شناسایی در تصاویر خاکستری است [5].

لبه یک مفهوم محلی^۱ است اما مرز یک مفهوم فراگیر^۲ است. یک لبه ایده آل گروهی از پیکسل های واقع در یک گام متعامد انتقالی^۳ در سطح خاکستری است. لبه های تیره همچنین با عواملی مثل مسائل یا نواقص اتفاق افتاده در طول زمان اپتیک ها، نمونه گیری و سیستم های اکتشاف داده^۴ به وجود می آیند. بنابراین لبه ها می توانند به عنوان یک نمودار شیب دیده شوند. از جنبه مشتق لبه این نتیجه گیری می شود که مشتق اول وجود و یا عدم وجود لبه در نقطه ای را نشان می دهد و مشتق دوم جزئیات را در مورد اینکه آیا لبه در طرف روشن تر یا طرف تاریک است را فراهم می کند.

هنگامی که لبه های واقعی شناخته می شوند و از لبه های کاذب اجتناب می شود SNR بهبود می یابد. حذف پاسخ های اشتباه، ایجاد لبه های ناقص را که ناشی از نویز هستند را کاهش می دهد.

معیارهای عملکرد عملگرهای ردیابی لبه به شرح زیر می باشند:

- نتایج باید به صورت بصری مقایسه شوند همانطوری که چشم ها رفتار و عمل می کنند.
- نرخ ردیابی لبه باید ارزیابی شود.
- مناسب بودن شکل هم باید ارزیابی شود.

از اهداف پردازش تصویر و تشخیص لبه ها می توان به کاربردهای زیر اشاره نمود:

تصویربرداری سه بعدی: بازسازی سریع و نمایش مجموعه ای از تصاویر با حجم بالا. تکنیکهای جدید پردازش تصاویر دیجیتال بخصوص سه بعدی کلیدهایی هستند برای مشاهده، زیر نفوذ در آوردن، آنالیز و جستجویی برای استخراج اطلاعات پزشکی از تصاویر.

تبدیل تصاویر: در کاربردهای تبدیل تصاویر به روش های متداول موجود مساله پردازش تصویر و تشخیص لبه امری مهم است.

تصویربرداری در زمان حقیقی: کاربرد در مدلسازی ۳ بعدی زمان حقیقی از اشیا و آناتومی بدن انسان.

با توجه به کاربردهای مهم فوق، ضرورت انجام تشخیص لبه تصویر در امور پردازش تصویر بدیهی به نظر می رسد. و لازم است از روش های بهینه سازی استفاده گردد که دارای زمان اجرای تا حد امکان کم ولی قدرت تشخیص بالا باشند.

ادبیات تحقیق

وجود ایده بهینه سازی گروه مورچه ها بر اساس یک انگیزه زیست شناختی است. این مربوط به مفهوم نشانه ورزی است که توسط Grass'e ارائه شده است. نشانه ورزی انطباق طبیعی است که بهینه سازی گروه مورچه ها را از دیگر سیستم ها متمایز می کند. این نوعی از ارتباط غیر مستقیم است که در آن مورچه هایی که از یکدیگر فاصله دارند سعی می کنند که با یکدیگر از طریق تولید و واکنش نشان دادن به محرک ارتباط برقرار کنند. به این طریق آنها در حال جستجو برای غذا ماده ی شیمیایی مانندی را روی زمین می ریزند که فرمون نام دارد. دیگر مورچه های همین گروه زمانی که از این راه می گذرند به طور خاصی واکنش نشان می دهند که فرایند جستجو برای غذا را برای تمام گروه آسانتر می کند و در وقت صرفه جویی می کند. در بهینه سازی گروه مورچه ها، مورچه های مصنوعی با دنبال کردن مفهوم هوش مصنوعی رفتار محیط طبیعی را شبیه سازی می کنند. الگوریتم های بهینه سازی گروه

¹ local

² global

³ Orthogonal step transition

⁴ Data acquisition system

مورچه‌ها ی مختلف قبلا ارائه شده اند. اولین بهینه سازی گروه مورچه‌ها همانطور که قبلا اشاره شده است سیستم مورچه نامیده می شود. پس از آن چندین الگوریتم بهینه سازی مورچه‌ها مثل سیستم مورچه حداکثر- حداقل و سیستم گروه مورچه‌ها ایجاد شده اند [10].

درک بهینه سازی گروه مورچه‌ها- ساده^۱ (S-ACO) برای ادامه موضوع مورد نیاز است. مسائل زیر باید قبل از ادامه دادن بیشتر درک شوند:

مورچه‌ها با کمک سیاست تصمیم سعی می کنند راه حل را از گره آغازین بسازند. در هر گره، مورچه همه اطلاعات محلی، از جمله اطلاعات روی کمان خروجی را از گره جمع می کند و تصمیم به طور تصادفی گرفته می شود. در همان ابتدا همه گره‌ها با میزان ثابتی از فرمون شروع می شوند.

مورچه k ، زمانی که در گره i است، تصمیم می گیرد که طبق مسیرهای فرمونی به گره j با احتمال فرمونی τ_{ij} حرکت کند. یک مورچه به طور مکرر با استفاده از این سیاست تصمیم گیری، گره‌ها را طی کرده تا زمانی که واقعا به گره مقصد می رسد. زمان مورد نیاز مورچه‌ها برای رسیدن به گره مقصد از مورچه به مورچه بر اساس تصمیم یا راه حل فرق می کند.

در حال رسیدن به گره مقصد مورچه‌ها با حرکت رو به عقب همان مسیر طی شده را دوباره طی می کنند با این تفاوت که دیگر حلقه ای تشکیل نمی شود.

تبخیر مسیر فرمونی برای مکانیسم کشف مفید است زیرا از همگرایی الگوریتم به سمت راه حلی کمتر بهینه جلوگیری می کند. تبخیر فرمون بر عملکرد مورچه‌های واقعی تاثیری نمی گذارد ولی این امر در مورچه‌های مصنوعی اهمیت دارد زیرا منجر به کشف راههای جدید در طول فرایند جستجو می شود. اهمیت تبخیر فرمون در زندگی مورچه‌های مصنوعی ممکن است به خاطر این حقیقت باشد که مسائل حل شده توسط مورچه‌های مصنوعی پیچیده تر از مسائلی هستند که توسط مورچه‌های واقعی حل شده اند.

فراموش کردن اشتباهات انجام شده در گذشته یا انتخاب های اشتباه اجازه بهبود دائمی در ساختار مسئله را می دهد. همچنین تبخیر فرمون عمل همگرایی را برای حداکثر راه حلهای قابل دسترس به وجود می آورد. به ترکیب تبخیر فرمون، باقی ماندن فرمون و حرکت مورچه را چرخه ای کامل می گوئیم.

فرا اکتشافی بهینه سازی گروه مورچه اصلی سه مرحله را برای برنامه فعالیت ها می سازد. این سه برنامه ۱. ساخت های راه حل مورچه ها ۲. به روز رسانی فرمون ها ۳. اقدامات برنامه کمکی هستند. این سه مرحله مستقل هستند و می توانند به طور موازی یا غیرموازی عمل کنند و یا می توانند به طور همزمان یا غیر همزمان عمل کنند. بنابراین طراح می تواند از ایده هایش برای اجرایی کردن این سه مرحله در هر یک از روش های مورد علاقه اش با در نظر گرفتن مسئله مورد نظر استفاده کند.

کاربرد بهینه سازی گروه مورچه‌ها می تواند به مسائل بهینه سازی ترکیبی اعمال شود. کاربردهای مختلف بهینه سازی گروه مورچه‌ها به شرح زیر می باشد.

۱. مسئله فروشنده سیار

۲. محاسبه تکاملی^۲

بهینه سازی گروه مورچه‌ها محاسبه تکاملی است بر مبنای الگوریتم الهام گرفته شده از پدیده طبیعی جستجو به دنبال غذا است. در این روش بهینه سازی، مورچه‌ها از روش هوشمند انتقال اطلاعات در مورد منابع غذایی به گروهشان با کمک ترشح بعضی مواد طبیعی شیمیایی استفاده می کنند که به عنوان فرمون شناخته می شود. مورچه‌ها در حال راه رفتن روی مسیر، از خود فرمون باقی می گذارند. همچنین این مسیرهای فرمونی به مرور زمان تبخیر می شوند. مورچه‌ها بر روی این راه‌ها بارها و بارها راه رفته اند. هر

¹ Simple-Ant Colony Optimization

² Evolutionary computation

چه گذشتن از این مسیرها وقت بیشتری از مورچه ها بگیرد تبخیر مسیرهای فرمونی وقت بیشتری می گیرد. بنابراین کوتاهترین راه، تراکم فرمونی بیشتری را دریافت می کند و تعداد مورچه های بیشتری بر روی آن راه می روند. این مکانیزم بازخورد مثبتی را درست می کند که باعث می شود مورچه ها راه کوتاهتر را دنبال کنند [8]. اولین روش بهینه سازی مورچه ها شناخته شده به عنوان سیستم مورچه توسط دورگیو و دیگران ایجاد شد [9]. از آن زمان چندین روش بهینه سازی گروه مورچه ها گزارش شده اند مثل سیستم مورچه حداکثری- حداقلی [6] و سیستم گروه مورچه ها [7].

ردیاب های لبه سنتی تعداد زیادی از حفره های حلقه ها را نشان می دهد [8]: ۱) زمانی که شی و پس زمینه واضح نیستند نتیجه ضعیفی را فراهم می کنند ۲) قادر به ردیابی لبه در محیط با ویژگی سخت ۲ نیست ۳) آستانه محاسبه شده به نوبت حساس است. بهینه سازی گروه مورچه ها با استفاده از توانایی ذاتی موازی سازی بر تمام این ناشایستگی های روش های سنتی غلبه می کند.

روش پیشنهادی تشخیص لبه تصویر بر مبنای الگوریتم مورچگان

مطالعه حاضر الگوریتم جدیدی را در حوزه ردیابی لبه با استفاده از بهینه سازی گروه مورچه ها از طریق استخراج اطلاعات لبه از ماتریس فرمون ارائه می کند. روش ارائه مورچه های مصنوعی را بر روی پیکسل های تصویر حرکت می دهد و متاثر از تغییرات شدت محلی^۲ می باشد. مسیر حرکت مورچه ها با استفاده از روش انتخاب مسیر احتمالی تعیین می شود. مورچه ها به شکلی حرکت می کنند که شدت فرمون را بر روی مسیرشان، بسته به تنوع شدت تصویر، افزایش می دهند. الگوریتم بهینه سازی گروه مورچه ها هنگام اجرا شدن بر روی تصویر، دستخوش تغییراتی می شود. فضای راه حل برای مورچه ها، تصویری دو بعدی است و مورچه های مصنوعی روی تصویر حرکت می کنند.

پارامترهای انتخاب شده در اینجا تعداد کل مورچه ها K و τ_{init} می باشند. مقدار اولیه ماتریس فرمون است. ساخت راه حل مورچه از طریق جستجو در فضای راه حل محلی یعنی ماتریس تصویر ممکن می شود. مورچه ها تصمیم به حرکت از گره i به گره دیگر j از طریق قانون حرکت احتمالی می گیرند که به شرح زیر است:

$$p_{i,j}^{(n)} = \frac{(\tau_{i,j}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{i,j})^\beta}{\sum_{j \in \Omega_i} (\tau_{i,j}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{i,j})^\beta}, \quad i, j \in \Omega_i$$

ه $\tau_{i,g}^{(n-1)}$ اطلاعات فرمونی در حلقه قبلی در حالت انتقال از گره i به گره j ، Ω_i گره های همسایه برای مورچه ای که در گره i است و ثابت های α و β به ترتیب برای در نظر گرفتن اطلاعات فرمونی و اطلاعات فرا اکتشافی لحاظ شده اند. بهینه سازی گروه مورچه ها الگوریتمی تکراری است و دو عملیات به روز رسانی در آن گنجانده شده اند. به روز رسانی ها روی ماتریس فرمونی اجرا می شود. به روز رسانی اول توسط همه مورچه ها پس از هر مرحله ساخت (به روز رسانی محلی فرمون) به آخرین لبه که برای طی مسیر مشخص است انجام می شود و دومین بروزرسانی پس از اینکه همه مورچه ها چرخه تکرارشان را با فقط یک مورچه کامل کرده اند انجام می شود (به روز رسانی فرمون برون خطی). به روز رسانی فرمون محلی به شکل زیر با این فرمول انجام می شود:

$$\tau_{i,j} = (1 - \phi)\tau_{ij} + \phi\tau_0$$

که $\phi \in (0,1]$ ضریب کاهش فرمون و τ_0 مقدار اولیه فرمون است. به روز رسانی محلی انجام می شود تا فرایند جستجو برای مورچه های تکرار بعدی ممکن شود. به روز رسانی فرمون آفلاین به شرح زیر با این فرمول اجرا می شود:

¹ Max-Min Ant system

² Rigid environment

³ local intensity variation

$$\tau_{i,j}^{(n-1)} = \begin{cases} (1-\rho)\tau_{i,j}^{(n-1)} + \rho\Delta_{i,j}^{(k)}, & \text{for : best_tour} \\ \tau_{i,j}^{(n-1)}, & \text{else} \end{cases}$$

بهینه سازی گروه مورچه ها از مزیت استخراج و اکتشاف استفاده می کند تا راه حل را از طریق تکرار راه جستجوی بهینه به دست آورد. این امر، همگرایی زودرس و نابالغ سیستم را کاهش می دهد. همچنین بهینه سازی گروه مورچه ها ذاتا متنوع است همانطوری که الگوریتم می تواند برای انواع مختلفی از یک مساله مورد استفاده قرار گیرد.

بررسی روش پیشنهادی

رديابی لبه تصوير ارائه شده بر مبنای بهینه سازی گروه مورچه ها ترکیب شده با بهره-اف روی یک تصویر دو بعدی اجرا می شود تا ماتریس فرمونی را تولید کند. هر عضوی از آن ماتریکس فرمونی بیانگر تغییر شدت در تصویر اصلی متأثر از مکان لبه است [11]. این الگوریتم تعداد k از مورچگان را بر روی تصویر I به طور تصادفی اعمال کرده و سپس N تکرار و عملیات به روز رسانی را انجام می دهد تا ماتریس فرمونی ساخته شود و آنگاه تصمیم نهایی بر روی آن ماتریس فرمونی گرفته می شود تا آستانه را تعیین کرده و لبه نقشه را محاسبه می کند.

این الگوریتم ارائه شده اساسا به چهار مرحله تقسیم می شود:

۱ - مرحله شروع : تصویر ورودی I از بُعد M*N به عنوان ورودی گرفته می شود که به عنوان یک فضای راه حل برای مورچه های مصنوعی در نظر گرفته می شود. k تعداد از مورچگان بر روی تمام تصویر حرکت داده می شوند به طوریکه هر پیکسل از تصویر با یک مورچه پوشیده شده شود. یک ماتریس فرمونی با بُعد مشابه تصویر در نظر گرفته می شود و مقدار فرمون اولیه T_{init} بسیار کوچک در نظر گرفته می شود. یک ماتریس اکتشافی $\eta_{i,j}$ بر مبنای آمار محلی ۲ تصویر ارزیابی می شود. آمار محلی در مکان پیکسل (I,j) به شکل زیر محاسبه می شوند:

$$\eta_{i,j} = \frac{V_c(I_{i,j})}{Z}$$

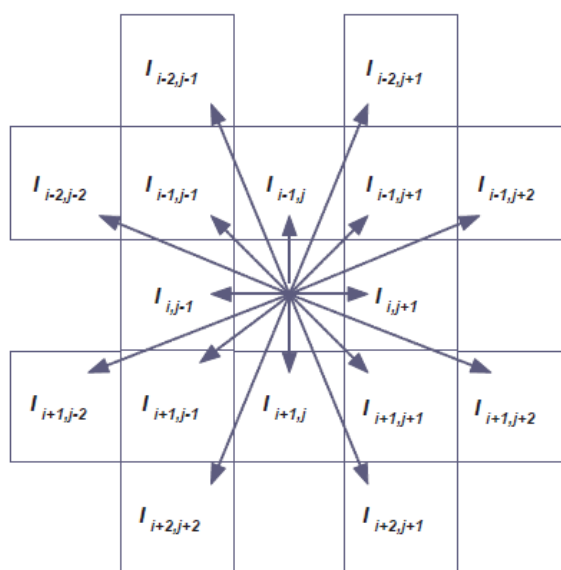
که

$$V_c(I_{i,j}) = f(|I_{i-2,j-1} - I_{i+2,j+1}| + |I_{i-2,j+1} - I_{i+2,j-1}| + |I_{i-1,j-2} - I_{i+1,j+2}| + |I_{i-1,j+2} - I_{i+1,j-2}| + |I_{i-1,j} - I_{i+1,j}| + |I_{i,j-1} - I_{i,j+1}| + |I_{i-1,j+2} - I_{i+1,j-2}| + |I_{i,j-1} - I_{i,j+1}|)$$

$$Z = \sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} V_c(I_{i,j}) \quad \text{و} \quad f(x) = \lambda x \quad \text{و} \quad x \geq 0.$$

¹ premature convergence

² local statistics



شکل (۱): ماتریس Clique

۲ - مرحله ساخت : در هر مرحله ساخت n ، یک مورچه از مورچه های k به طور تصادفی انتخاب می شود و بر روی تصویر به تعداد L گام حرکت داده می شود. مورچه از پیکسل (l,m) به پیکسل (i,j) با قانون احتمال انتقال زیر حرکت می کند:

$$p_{(l,m),(i,j)}^{(n)} = \frac{\left(\tau_{i,j}^{(n-1)}\right)^{\alpha} (\eta_{i,j})^{\beta}}{\sum_{j \in \Omega_i} \left(\tau_{i,j}^{(n-1)}\right)^{\alpha} (\eta_{i,j})^{\beta}}, \text{ if } j \in \Omega_i$$

که $\tau_{i,j}^{(n-1)}$ بیانگر ارزش فرمونی در پیکسل (i,j) ، Ω_i همسایه پیکسل (l,m) است و $\tau_{i,j}$ بیانگر مقدار ماتریس اکتشافی در پیکسل (i,j) است. A و β به ترتیب بر ماتریس فرمون و ماتریکس اکتشافی تاثیر می گذارند. مورچه در مکان پیکسل (i,j) دارای ۸ همسایگی در شکل (۳-۳) بوده و مورچه نمی داند کدامیک از این مسیرهای هشتگانه را طی کند [NW, N, NE, W, E, SW, S, SE]. طول حافظه مورچه ها معیاری است که به توجه بیشتر نیاز دارد. بنابراین انتخاب یک انتخاب اساسی است. طول کم ممکن است باعث الگوریتمی بیخود منجر شود در حالی که طول زیاد ممکن است موجب از دست دادن جزییات شود. این طول از لحاظ تجربی در فاصله $[0.85 A, 1.15 A]$ انتخاب می شود که A برای اندازه تصویر 128×128 برابر با ۴۰ است.

NW	N	NE
W	(i,j)	E
SW	S	SE

شکل (۲): ۸ همسایگی برای پیکسل (i,j)

۳ - مرحله به روز رسانی : اولین بار بعد از اینکه هر مورچه داخل حلقه ساخت nth می شود، به روز رسانی روی ماتریس فرمون به صورت زیر انجام می شود:

$$\tau_{i,j}^{(n)} = \begin{cases} (1 - \rho) \cdot \tau_{i,j}^{(n-1)} + \rho \cdot \Delta_{i,j}^{(k)}, & \text{if } (i,j) \text{ belongs to} \\ & \text{the best tour;} \\ \tau_{i,j}^{(n-1)} & \text{else} \end{cases}$$

و دومین فرایند به روز رسانی پس از اینکه هر مورچه حلقه ساخت nth را کامل کرده باشد به شکل زیر صورت می گیرد:

$$\tau_{i,j} = (1 - \phi) \tau_{i,j} + \phi \tau_0$$

به روز رسانی محلی جستجو را برای مورچه های بعدی با کاهش سطح فرمون بر روی لبه های طی شده گسترده می کند. این روش فرصتی را برای مورچه های بعدی فراهم می کند تا راه حل های ضروری را تولید کنند. بنابراین امکان تکرار مجدد در همان تکرار غیر ممکن تر می شود.

۴ - مرحله تصمیم گیری : در این مرحله ماتریس فرمون خروجی که به دست آمده است، برای محاسبه آستانه استفاده می شود. در این مطالعه از روش بهره-اف [۲۶] برای تعیین مقدار آستانه بهینه استفاده می شود که برای تبدیل ماتریس فرمون به نقشه باینری لبه مورد استفاده قرار می گیرد. بهره-اف یک کار آماری است در تحلیل واریانس برای اطلاعات چند خوشه ای است و به این شکل تعریف می شود:

$$F - ratio = \frac{\text{Variance of means between the clusters}}{\text{Average Variance within the clusters}}$$

اگر k عدد خوشه موجود باشد nj تعداد کلی نقاط اطلاعات برای jth خوشه است، μ_j میانگین خوشه jth است. M میانگین کلی بوده و xij اطلاعات ith خوشه jth سپس معادله بالا به این شکل بیان می شود:

$$F - ratio = \frac{\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\mu_j - \bar{\mu})^2}{\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \mu_j)^2}$$

ردیاب لبه

بر اساس مشتق های مفردی مثل رابرت آپریتر -سوبل آپریتر - پریویت آپریتر - کنی آپریتر غیره اپراتورهای مختلفی وجود دارد:

ردیاب لبه بر اساس اپراتور روبرت : این یک اپراتور گرادیان ساده است که بر اساس ماسک اپراتورهای گرادیان 2×2 می باشد:

$$G[f(i, j)] = [f(i, j) - f(i + 1, j + 1)] + [f(i + 1, j) - f(i, j + 1)]$$

کانولوشن کرنل برای اپراتور رابرت به شرح زیر است:

1	1
-1	-1

و از آنجایی که کرنل آن کوچکتر از یک است پس کاملاً به نویز حساس است.

ردیاب لبه بر مبنای اپراتور سوبل : کرنل آن یک اپراتور ماسکی 3×3 است. کانولوشن ماسک ها برای اپراتور بر مبنای سوبل به این شکل است:

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

ردیاب لبه Canny : این ردیاب لبه مصونیت نویز خوبی را فراهم می کند و همچنین نقاط لبه واقعی را با حداقل خطا ردیابی می کند.

انتخاب آستانه لبه : ردیابی لبه ها وابسته به مقایسه گرادیان لبه با یک آستانه می باشد. با مقدار آستانه کم می توان زمانی که تصویر بدون نویز است همه ی لبه های واقعی ردیابی شوند. اما در مورد تصاویر نویزدار آستانه کم می تواند مشکل ایجاد کند.

عملگرهای مشتق دوم : قانون مشتق دوم بیان می کند که لبه در نقاطی وجود دارد که گرادیان در مقدار ماکزیمم محلی است. این امر هنگامی حاصل می شود که در نقطه لبه مشتق اول حداکثر بوده و مشتق دوم از صفر عبور کند. اپراتور لاپلاسی رایجترین شکل دومین مشتق بر اساس اپراتور است.

روش های آستانه سازی تصویر ^۱ : محاسبه آستانه از تصویر سطح خاکستری با محاسبات کم قابل انجام است. آستانه سازی شامل تقسیم کردن ^۲ تصویر به چند منطقه معنادار است. یکی از اولین عملیات های آستانه سازی عملیاتی است که توسط Otsu داده شده است [12].

^۱ Image thresholding

^۲ splitting up

نتایج تحقیق

مقادیر پارامترهای در نظر گرفته شده در شبیه سازی ها در جدول (۱) داده شده اند. همه روش آماری مقایسه ردیاب های لبه به نوعی از یک تصویر مرجع به عنوان پایه ای برای مقایسه استفاده می کنند. به هر حال به خاطر محدودیت های مختلف، گرفتن یا ایجاد یک تصویر مرجع ایده آل غیرممکن است. برخی از تصویر واقعی زمین کمک می گیرند که کاری مشکل است. بنابراین ما چندین تصویر گوناگون را در نظر می گیریم. دقت ردیاب های لبه با استفاده از روش رتبه بندی نسبی^۱ مشخص می شود. تصویر مورد نظر با کمک پنج ردیاب لبه دیگر ایجاد شده است: سوبل، پری ویت، روبرت، کنی و لاگ. یک پیکسل در یک تصویر یک پیکسل لبه خواهد بود اگر اکثریت ردیاب ها پیکسل لبه ای را در همسایگی اش با حداقل یکی بر روی هر مرکز ردیابی کنند. معتبرسازی بهبود ردیاب های لبه با دو روش ممکن است: اول اینکه می تواند با مقایسه بصری^۲ انجام شود و دوم اینکه می تواند با مقایسه معیار آماری^۳ انجام شود.

جدول (۱): مقادیر پارامترها در شبیه سازی

پارامتر	مقدار
K، تعداد کل مورچه ها	$\sqrt{M_1 \times M_2}$
ρ ، نرخ تبخیر	۰,۰۵
λ ، ثابت	۱
T_{ini} ، مقدار اولیه هر عنصر از ماتریس فرمون	۰,۰۰۰۱
α ، ضریب وزن دهی اطلاعات فرمونی	۴
β ، ضریب وزن دهی اطلاعات اکتشافی	۰,۲
L، تعداد حرکت مورچه ها در هر راه حل	۲۵۰
ϕ ، ضریب کاهش فرمون	۰,۰۵
N، تعداد کل گامهای ساخت	۲

در این بخش رویکرد ارائه شده برای تشخیص لبه تصاویر که بر اساس بهینه سازی گروه مورچگان است، با استفاده از نرم افزار MATLAB شبیه سازی شده است. روش پیشنهادی بر روی تصاویر امتحانی مرد فیلمبردار، سکه ها، فلفل ها و خانه امتحان شده است. همه تصاویر گرفته شده در اندازه ۱۲۸*۱۲۸ هستند. تصاویر (۱) تا (۴)، مربوط به روشهای زیرند: (a) تصویر واقعی^۴ (b) تصویر اکثریت^۵ (c) روش پیشنهادی. از نظر مقایسه بصری، نتایج نشان می دهند که روش ارائه شده بهتر از روش تیان و دیگران برای تصاویر گرفته شده برای آزمایش است. معتبر سازی الگوریتم ارائه شده بیشتر بر اساس معیار آماری مثل کاپا^۶ [13]—Figure-of—merit (FOM) [14]—Baddeley's delta (BDM) [15] و Hausdorff's distance [16] ارزیابی می شوند.

¹ Relative Grading

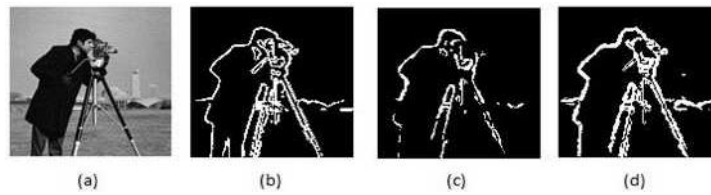
² visual comparison

³ statistical parameter comparison

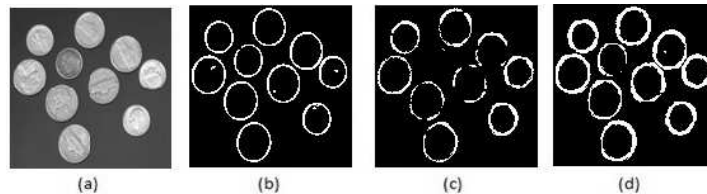
⁴ original image

⁵ Majority image

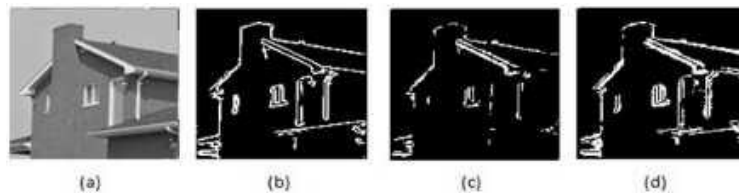
⁶ kappa



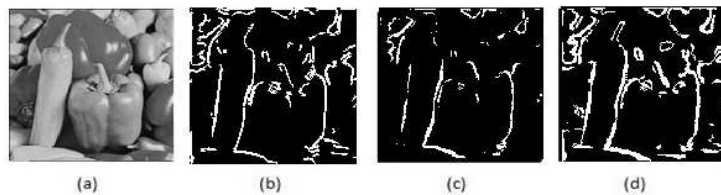
شکل (۱): a. تصویر اصلی مرد فیلمبردار. b. تصویر اکثریت. c. روش تیان. d. روش ارائه شده



شکل (۲): a. تصویر اصلی سکه ها. b. تصویر اکثریت. c. روش تیان و دیگران. d. روش ارائه شده



شکل (۳): a. تصویر اصلی خانه. b. تصویر اکثریت. c. روش تیان و دیگران. d. روش ارائه شده



شکل (۴): a. تصویر اصلی فلفل ها. b. تصویر اکثریت. c. روش تیان. d. روش ارائه شده

جدول (۱) و جدول (۲) نتایج مقایسه ای بین روش ارائه شده ما و روش تیان و دیگران با توجه به همه معیارهای آماری بحث شده در بالا را نشان می دهند. جدول (۳) مقایسه نسبی ردیاب لبه ارائه شده ما و ردیاب های لبه قراردادی مثل کنی- سوبل - پری ویت - لاگ و روبرتز را فراهم کرده است. اجرای ردیاب های لبه سنتی با کمک جعبه ابزار MATLAB ممکن شده است.

جدول (۱): مقایسه Kappa و FOM برای روش پیشنهادی و روش تیان

FOM		Kappa		
روش پیشنهادی	روش Tian	روش پیشنهادی	روش Tian	
۰/۹۴۶۱	۰/۴۹۰۵	۰/۴۲۸۱	۰/۵۰۴۸	مرد فیلمبردار
۰/۹۵۱۴	۰/۸۴۹۳	۰/۶۷۷۴	۰/۶۷۸۳	سکه ها
۰/۹۲۸۱	۰/۴۸۰۳	۰/۶۳۸۷	۰/۴۹۰۶	خانه
۰/۹۰۰۸	۰/۴۸۴۸	۰/۵۷۸۱	۰/۴۸۸۹	فلفل ها

جدول (۲): مقایسه BDM and Hausdorff's distance برای روش پیشنهادی و تیان

Hausdorffs Distance		BDM		
روش پیشنهادی	روش Tian	روش پیشنهادی	روش Tian	
۵/۳۸۱	۶	۲/۸۲۰۷	۲/۸۴۹۶	مرد فیلمبردار
۴/۴۷۲۱	۴/۸۹۹	۱/۰۴۴۳	۱/۵۶۱	سکه ها
۴/۸۹۹	۴/۳۵۸۹	۱/۶۰۷۹	۳/۴۱۱۲	خانه
۶/۲۴۵	۶/۷۸۲۳	۲/۳۳۸۶	۴/۲۴۹۴	فلکل ها

جدول (۳): مقایسه مقدار کاپا برای روش پیشنهادی (proposed) با سایر روش ها

Roberts/Proposed	Log/Proposed	Prewitt/Proposed	Sobel/Proposed	Canny/Proposed	
0.4411/0.6054	0.3226/0.6060	0.5917/0.6240	0.5928/0.6275	0.4363/0.6234	مرد فیلمبردار
0.6215/0.6070	0.53120/0.6393	0.6727/0.6754	0.6725/0.6741	0.5638/0.6752	سکه ها
0.5453/0.6184	0.4913/0.6297	0.6677/0.6397	0.6676/0.6394	0.52890/0.6292	خانه
0.3701/0.5639	0.2903/0.5255	0.5621/0.5689	0.5638/0.5711	0.3802/0.5480	فلکل ها

کاپا و FOM معیارهایی هستند که بیانگر انطباق دو نوع مجموعه اطلاعات است. بنابراین اگر این پارامترها مقادیر بیشتری داشته باشند، عملکرد ردیاب های لبه بهتری را نشان می دهند. از این جداول مشاهده می شود که مقدارهای مقایسه ای کاپا نشان می دهند که روش ارائه شده در اکثر تصاویر خوب عمل می کند. همچنین مقدار FOM در روش پیشنهادی بهتر از روش های دیگر است. فاصله هاوسدورف عملکرد ضعیفی را در مورد تصویر خانه نشان می دهد. Baddeley's Delta Metric و فاصله هاوسدورف معیارهای بیان کننده عدم توافق بین دو مجموعه اطلاعات است. بنابراین هر چه مقادیر فاصله کمتر باشند عملکرد ردیاب های لبه بهتر است.

نتیجه گیری

فرایند تشخیص لبه بخش مهمی از پردازش تصویر است. این کار برای بسیاری از حوزه های تحقیقاتی بینایی کامپیوتری و تقسیم بندی تصویر سودمند است. تشخیص لبه جزییات مهمی را برای کارهای پردازشی سطح بالا مثل تشخیص ویژگی و غیره را فراهم می کند. موفقیت تشخیص لبه به محاسبه بهینه آستانه بستگی دارد. این مطالعه اجرای یک روش جدید تشخیص لبه تصویر بر مبنای بهینه سازی گروه مورچه ها مورد بحث قرار داد. بهینه سازی گروه مورچه ها الگوریتمی الهام گرفته شده از طبیعت است. مزایای مختلف گروه مورچه ها مثل نشانه ورزی، محاسبات توزیع شده، تبخیر فرمون، تصمیم گیری بر مبنای قانون تناسب تصادفی را در نظر می گیرد. این ویژگی ها کاملاً برای تعیین ماتریس فرمون مفید هستند که حاوی اطلاعات مربوط به لبه است. لبه ها مناطقی با شدت تغییر تند هستند. ماتریس فرمونی که به این روش به دست می آید با کمک اندازه تفکیک پذیری طبقه و نسبت F پردازش می شوند. خروجی نسبت F شاخصی را فراهم می کند که منجر به تعیین آستانه بهینه می شود. این میزان آستانه بیشتر برای ساخت نقشه - لبه مورد استفاده قرار می گیرد. آزمایش موفقیت نقشه - لبه ساخته شده توسط روش پیشنهاد شده ارائه شده در این پایان نامه همچنین با کمک عوامل آماری مثل کاپا، FOM، فاصله هاوسدروف و Baddeleys's Delta Metric ارزیابی گردید. نتایج به دست آمده با ردیاب های لبه سنتی مقایسه شدند. روش پیشنهاد شده در این مطالعه پتانسیل بسیار زیادی برای تحقیق بیشتر در حوزه تشخیص لبه با استفاده از الگوی متفاوت که باعث می شود کار متنوع تر و منعطف تر شود را دارد. این تحقیق می تواند در حوزه تصاویر نوین دار مستقیماً به عنوان ورودی در روش ارائه شده در این مطالعه گسترش یابد. همچنین کار پیشنهاد شده می تواند با مشاهده تغییرات پارامترهای مختلف و گنجانیدن برخی از مشکلات دینامیکی حساسیت ویژگی بیشتر مورد مطالعه قرار بگیرد که می تواند میزان های پارامترها را به میزان های بهینه برای موقعیت خاص تطبیق دهد.

منابع و مراجع

- [1] M. Dorigo and T. Stützle, *Ant Colony Optimization*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2004.
- [2] Deneubourg, S. Aron, S. Goss, and J. M. Pasteels, "The self-organizing exploratory pattern of the argentine ant," *Journal of Insect Behavior*, vol. 3, pp. 159–168, Mar. 1990.
- [3] C. Blum, "Ant colony optimization: Introduction and recent trends," *Physics of Life Reviews*, vol. 2, pp. 353–373, Dec. 2005.
- [4] A. K. Jain, *Fundamentals of digital image processing*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 1989.
- [5] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*. Reading, MA: Addison- Wesley, 1992.
- [6] T. Stützle and H. H. Hoos, "Max-min ant system," *Future Generation Comp. Syst.*, vol. 16, no. 8, pp. 889–914, Jun. 2000.
- [7] M. Dorigo and L. Gambardella, "Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem," *IEEE Trans. on Evolutionary Computation*, vol. 1, pp. 53 –66, Apr 1997.
- [8] P. Xiao, J. Li, and J.-P. Li, "An improved ant colony optimization algorithm for image extracting," in *Apperceiving Computing and Intelligence Analysis (ICACIA)*, 2010 International Conference on, pp. 248 –252, Dec. 2010.
- [9] M. Dorigo, V. Maniezzo, and A. Coloni, "Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics - Part B*, vol. 26, no. 1, pp. 29–41, 1996.
- [10] A. Paul and S. Mukhopadhyay, "An adaptive pheromone updation of the ant system using LMS technique," pp. 498–503, *Modelling, Optimization and Computing (ICMOC-2010) AIP*, vol. 1298, 2010.
- [11] J. Tian, W. Yu, and S. Xie, "An ant colony optimization algorithm for image edge detection," in *IEEE World Congress on Evolutionary Computation*, pp. 751 –756, Jun. 2008.
- [12] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-level Histograms," *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, 1979.
- [13] J. Cohen, "A coefficient of agreement for nominal scales," *Educational and Psychological Measurement*, vol. 20, no. 1, pp. 37–46, 1960.
- [14] I. Abdou and W. Pratt, "Quantitative design and evaluation of enhancement/ thresholding edge detectors," *Proceedings of the IEEE*, vol. 67, pp. 753 – 763, May 1979.
- [15] A. J. Baddeley, "An error metric for binary images," *Robust Computer Vision Quality of Vision Algorithms*, no. march 1992, pp. 59–78, 1992.
- [16] D. Huttenlocher, G. Klanderman, and W. Rucklidge, "Comparing images using the hausdorff distance," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15, pp. 850 –863, Sep 1993.
- [17] T. Davis, "Fast decomposition of digital curves into polygons using the haar transform," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 21, pp. 786 –790, aug 1999.