فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹
صفحات ۷۷-۸۹
ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

مقایسه فشرده سازی فراکتالی تصاویر با استفاده از تکنیک‌های ACO,GA و PSO

مینا عظیمی۱*، جواد وحیدی۲، میثم محمدی۳، علی خسروزاده۴

۱کارشناسی ارشد مهندسی نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت اله آملی، آمل، ایران
۲عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران
۳عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت اله آملی، آمل، ایران
۴عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیت اله آملی، آمل، ایران

چکیده

فشرده سازی تصاویر یکی از مباحث مهم در علم اطلاعات است.تصاویر پیش از این که ارسال و یا ذخیره شوند باید فشرده شوند زیرا این کار باعث کاهش پهنای باند ارسال و کاهش فضای ذخیره سازی و هزینه ها می شود. فشرده سازی تصویر نقش مهمی در بسیاری از کاربردهای مهم وگوناگون شامل گردهمایی تصویری از راه دور، سنجش از راه دور (استفاده از تصویر برداری ماهواره ای)، تصویر برداری اسناد،تصویر برداری پزشکی،ارسالی دورنگار و کنترل وسایل هدایت از راه دور در کاربردهای نظامی و فضایی ایفا می کند. بسیاری از پدیده های طبیعی از یک ساختار فراکتالی برخوردارند.در سال ۱۹۸۸ فشرده سازی فراکتالی تصاویر۱ توسط بارنسلی مطرح شد.این روش از شباهت های تقریبی درون تصاویر برای فشرده کردن آن ها استفاده می کند و یکی از روش های با اتلاف است که با به کارگیری خاصیت خود متشابهی محلی در یک تصویر، افزونگی را استخراج می کند. نرخ فشرده سازی۲ بالا به همراه حفظ کیفیت تصویر بازیابی شده و عمل سریع عکس فشرده سازی۳ از مزایای این تکنیک می باشدو لیکن به علت جستجوی بهترین بلاک در استخر دامنه،فرآیند کدگذاری بسیار زمان بر می باشد.به منظور حل پیچیدگی زمانی فرایند کدگذاری فراکتالی تصویر،از الگوریتم های مختلفی استفاده می کنند.دراین جا می خواهیم از الگوریتم های مختلفی استفاده می کنند.در اینجا می خواهیم از بهینه سازی کلونی مورچه۴ جهت جستجوی بهترین بلاک دامنه در فشرده سازی فراکتالی تصاویر استفاده نمائیم.این روش از آنجایی که جستجوی زیاد روی بلاک های دامنه را کاهش می دهد در نتیجه زمان کدگذاری کاهش قابل ملاحظه ای می یابد و کیفیت تصویر بازیابی شده نیز تقریباً حفظ می شود.

کلید واژه: فشرده سازی، فراکتال، فشرده سازی فراکتالی تصاویر، بهیته سازی کلونی مورچه، خوشه بندی

1. Fractal image compression
2.Compression rate
3.decompression
5. Ant Colony Optimization

۱- مقدمه

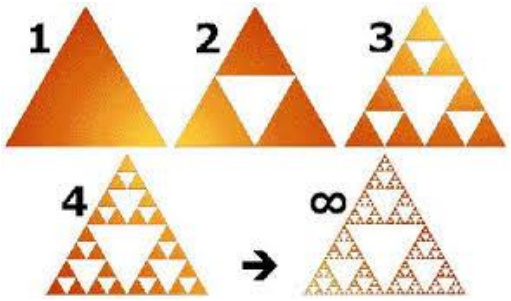
فشرده سازی داده[5] عبارت است از فرایند تبدیل یک جریان داده ورودی به جریان داده ای دیگر (جریان خروجی و یا داده فشرده شده) که طول یا ابعاد کوچک تری دارد. فشرده سازی داده،دیرینه ای بیش از سی سال دارد. روش های شناخته شده بسیاری برای فشرده سازی داده وجود دارد. این روش ها بر اساس نظرات گوناگونی برای انواع مختلفی از داده ها مناسب هستند و نتایج مختلفی نیز تولید می کنند،ولی بر اساس تمامی این روش ها حذف افزونگی[6] از داده اصلی در فایل منبع می باشد.بعضی از روش های فشرده سازی داده،بعضی برای فشرده سازی تصویر و برخی دیگر برای فشرده سازی صوت و ویدئو مناسب هستند. در این فشرده سازی تصویر[7] به دلیل کاربرد وسیع تصاویر در زمینه های مختلف،بسیار حائز اهمیت است، زیرا تصاویر به مقدار زیادی حافظه جهت ذخیره سازی نیازمندند. فشرده سازی فراکتالی تصاویر بر اساس سیستم توابع تکرار شونده تقسیم بندی شده[8] است که از ویژگی خود همانندی در تصاویر برای رسیدن به فشرده سازی بهره می گیرد.در انتها به جمع بندی خواهیم پرداخت و پیشنهاداتی به منظور جهت دهی به کارهای بعدی ارائه خواهیم داد. با افزایش محصولات فتوگرامتری و سنجش از راه دور ، به فضای ذخیره سازی عظیم برای نگهداری حجم زیاد مجموعه داده های اخذ شده هوایی و ماهواره ای نیاز است. به دلیل این که تصاویر دیجیتال مقدار زیادی داده های تکراری و افزونگی دارند،فشرده سازی تصاویر،یک راه حل مناسب برای کاهش فضای ذخیره سازی محسوب می‌شود. به وسیله روش های موجود،تصاویر واقعی مثل عکس های هوایی را تنها می توان به نسبت های ۲ به ۱ تا ۱۰ به ۱ فشرده ساخت.حتی در این صورت، برای ذخیره سازی به حافظه ای بین ۱۳ تا ۶۵ مگا بایت نیاز خواهیم داشت.با استفاده از فراکتال ها امکان فشرده سازی به نسبت بیش از ۱۰۰۰۰ به ۱ وجود دارد.این میزان فشرده سازی موجب کاهش حافظه لازم برای ذخیره عکس مورد بحث به میزان قابل قبول می‌گردد. در سال ۱۹۷۵ میلادی هندسه فراکتال ها توسط مندلبرات کشف گردید.او سرگرم اندازه گیری طول محیط کشور انگلستان بود که با مشاهده عکس های هوایی این منطقه به پدیده خودمانایی برخورد.یعنی وقتی یک قسمت از کناره های انگلستان یا هر جزیره دیگری را انتخاب کنیم و بعد با فاصله های مختلف از همان ناحیه عکس بگیریم به تعدادی شکل کوچک تر بر می خوریم که شکل ظاهری آن ها تقریباًشبیه به شکل همان قطعه از جزیره است.[۱]. اساس تئوری فشرده سازی فراکتالی تصویر،سیستم توابع تکرار شونده است که خاصیت خود متشابهی در تصویر را به کار می گیرد تا هدف فشرده سازی را برآورد سازد.[۵-۴].کار اصلی در این روش پیدا کردن نواحی است که بیش ترین شباهت را به هم دارند.روند کار به این صورت است که تصویر اولیه به بلاک های برد[9] و دامنه[10] تقسیم بندی می شود.بلاکهای برد همپوشانی ندارند و کوچکتر از بلاک های دامنه هستند،تمام تصویر را به صورت کامل می پوشانند و مجموعه بلاک های برد[11] را تشکیل می دهند.بلاک های دامنه بزرگ تر از بلاک های برد هستند همپوشانی دارند و مجموعه بلاک های دامنه[12] را تشکیل می دهند.[۶] این عمل جستجو مقایسه بین بلاک ها زمان بر است که مشکل اصلی این الگوریتم می باشد. برای کاهش زمان محاسبات،روش های مختلفی ارائه شده است. الگوریتم فشرده سازی فراکتالی بر اساس تکنیک دسته بندی بلاک های برد و جستجوی بهترین بلاک دامنه در استخر دامنه بر اساس بهینه سازی کلونی مورچه به منظور کاهش زمان کدگذاری پیشنهاد شده است. فشرده سازی تصویر بحث بسیار مهمی در دنیای اطلاعات می باشد.در سال های اخیر،برای بدست آوردن نرخ فشرده سازی بالا،کیفیت بهتر تصویر بازسازی شده و فشرده سازی

5 Data compression
7.Redundancy
8.Image compression
9.Partitioned iterated function system
10.Range Block
11.Domain Block
12.Range Pool
13.domain Pool

سریع،روش های فشرده سازی زیادی ارائه شده اند. فشرده سازی فراکتالی از روش بااتلاف برای فشرده سازی استفاده می کند و با استفاده از این روش می‌توان به نرخ فشرده سازی بالا و کیفیت خوب تصویر بازسازی شده دست یافت. اما مشکل عمده این روش زمان طولانی فشرده سازی است که الگوریتم های گوناگونی برای بهبود این زمان ارائه شده است. در سال ۱۹۹۶ میلادی میشائیل بارنسلی با کمک سیتسم توابع تکرار کننده و تئوری کولاژ، مبنای مسائل فراکتالی معکوس را مطرح کرد[۷] وی به این نتیجه رسید که مجموعه ای از تبدیل های جذب کننده از هر تصویر را می‌توان پیدا کرد که تنها با دراختیار داشتن آن ها می توان تصویر اصلی را بازیابی کرد.بارنسلی در یافت که برای فشرده سازی تصویر،به جای نگه داری مقادیر پیکسل ها می توان پارامترهای این تبدیل های مناسب را نگهداری کرد.با این روش به دلیل این که میزان حذف افزونگی به میزان قابل توجهی به خاصیت خودتشابهی در تصویر بستگی دراد،نرخ فشرده سازی تا حد بالایی افزایش می یابد.مسأله مهم در این روش پیدا کردن پارامترهای بهینه این تبدیل ها است. ژاکوئین اولین کسی بود که در سال ۱۹۹۲ میلادی روش فشرده سازی فراکتالی را برای تصاویر ارائه کرد.[۳] روش فشرده سازی او حاصل نظریه تبدیل های با تابع تکراری (IFS) است.ژاکوئین براساس سیستم تابع تکرار شونده قطعه بندی شده(PIFS)، فشرده سازی فزاکتالی را بیان کرد. فیشر و وانگ روش های طبقه بندی بر اساس ویژگی بلوک های دامنه در تصویر را پیشنهاد کرده اند. ترانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۴ نوعی روش تطابق همسایگی بر اساس همبستگی مکانی ارائه کرد که از اطلاعات بلوک های برد استفاده می کند.

فراکتال

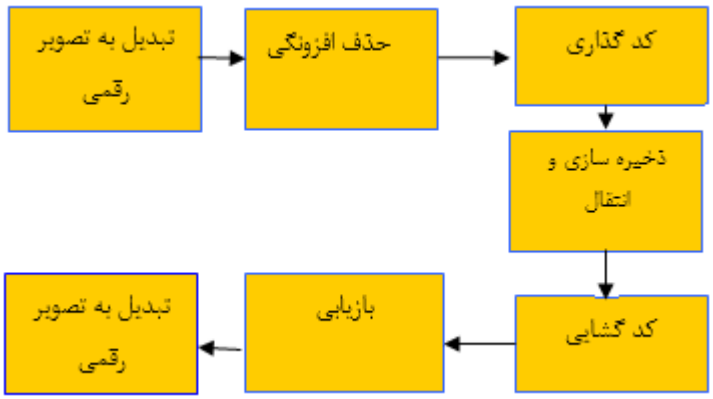
فراکتال شکل هندسی چند جزئی است که می توان آن را به تکه هایی تقسیم کرد،مثل این که در هر تکه یک کپی از کل شکل است.ریشه لغت فراکتال کلمه لاتین fractus به معنی شکسته است.این واژه در سال ۱۹۷۵ توسط بندریت مندلبرت که پدر فراکتال نامیده می شود،پیشنهاد شد.او در کتاب خود که در سال ۱۹۸۲ منتشر شد،فراکتال را این گونه تعریف کرد: فراکتال یک شیء هندسی ناهموار یا تکه تکه است که می تواند به قسمت هایی تقسیم شود به طوری که هر کدام (حداقل به طور تقریبی) نسخه کوچک تری از کل شکل باشد.[*-۱]. یکی از مهم ترین خواص فراکتال ها خاصیت خودتشابهی است، به این معنا که روی هر بخشی از تصویر می توان شکل اصلی را مشاهده کرد. به عبارت دیگر در هر بخشی و در هر مقیاسی، کل شکل قابل رؤیت است.این ویژگی به صورت خاصیت زوم شوندگی(بزرگنمایی) در تصاویر فراکتالی خود را نشان می دهند.[۱۰-*]



استفاده از فراکتال در شبیه سازی مناظر و آثار طبیعی کار تازه ای نیست بلکه از کاربردهای اولیه آن ها بوده است. به عنوان مثال به تجربه می توان دریافت که یک فراکتال خاص الگویی شبیه به پوست درخت تولید می کند،بعداً هنگامی که می خواهیم تصویری از درخت ایجاد کنیم می توان از این فراکتال استفاده کرد. آنچه که تازگی دارد توانایی شروع از یک تصویر واقعی و یافتن فراکتال هایی است که می توانند با هر میزان دقت دلخواه آن تصویر را تولید کنند.از آن جا که روش ما شامل ارائه این فراکتال ها به طریقی فشرده است،لذا دستاوردمان مجموعه اطلاعات بسیار فشرده ای خواهد بود که از آن برای بازسازی تصویر اولیه استفاده می شود.[۱]

فشرده سازی

فشرده سازی،پردازشی است که با حذف اطلاعات اضافی، داده ها را به علایم دیجیتالی کاهش می دهد.این پردازش بسته به پهنای باند مورد نیاز برای انتقال داده ها و میزان فضای دخیره سازی،آن را کاهش می دهد.اطلاعات را می توان در هر نوعی که باشد،فشرده کرد.[۱] توسعه وگسترش علم و استفاده رو به افزایش از سیستم‌های چند رسانه‌ای موجب شده که هر روز بیش از پیش تصویر و علوم مربوط به آن مورد توجه قرار گیرند. زیرا تکنولوژی جدید و به دنبال آن پیشرفت در بسیاری از زمینه‌ها از قبیل سیستمهای ماهواره‌ای و نقشه‌برداری، *GIS*، تحقیقات هوا و فضا، دستگاههای پزشکی امروزی، دستگاههای ایمنی و... حاصل بکارگیری تکنیکهای پردازش تصویر است. برای مثال نگاهی به تجهیزات پزشکی مانند دستگاه *MRI* ، سونوگرافی[۱۳]، اکوکاردیوگرافی[۱۴]، گویای این حقیقت است که دانش پزشکی مدرن امروزی بدون این تجهیزات عملا" کاری نمی‌تواند انجام دهد. زیرا اساس تشخیص بسیاری از بیماریها به واسطه تصاویری است که از اندام‌های مربوطه تهیه می‌شود. همچنین در مراحل درمان و از آنجمله در برخی از جراحی‌ها تصویر نقش اساسی را بر عهده دارد. علاوه بر مواردی که اشاره شد، تصویر یکی از عناصر سازنده شبکه جهانی اینترنت است. بطوریکه کمتر صفحه‌ای را می‌توان یافت که تصویری در آن گنجانده نشده باشد. این کاربردها موجب شده دانش پردازش تصویر به یکی از مهمترین زمینه‌های کاری محققان تبدیل شود و به دنبال آن خود به شاخه‌های تخصصی‌تری تقسیم شود. یکی از مهمترین شاخه‌ها، فشرده‌سازی است که در آن سعی می‌شود حجم اطلاعات لازم برای بیان تصویر بدون از دست دادن کیفیت کاهش یابد. فشرده‌سازی تصویر و ویدئو بعلت وجود کاربردهایی مثل تلفن‌تصویری، مالتی‌مدیا، ذخیره‌سازی و ارسال اطلاعات بر روی خطوط با پهنای باندکم از اهمیت خاصی برخوردار شده است. این عمل بخصوص در مورد تصاویر موجود در شبکه جهانی بسیار مورد نیاز است. زیرا در آنجا ذخیره‌سازی در فضای کمتر، و سرعت انتقال بالاتر نقش اساسی ایفا می‌کند.



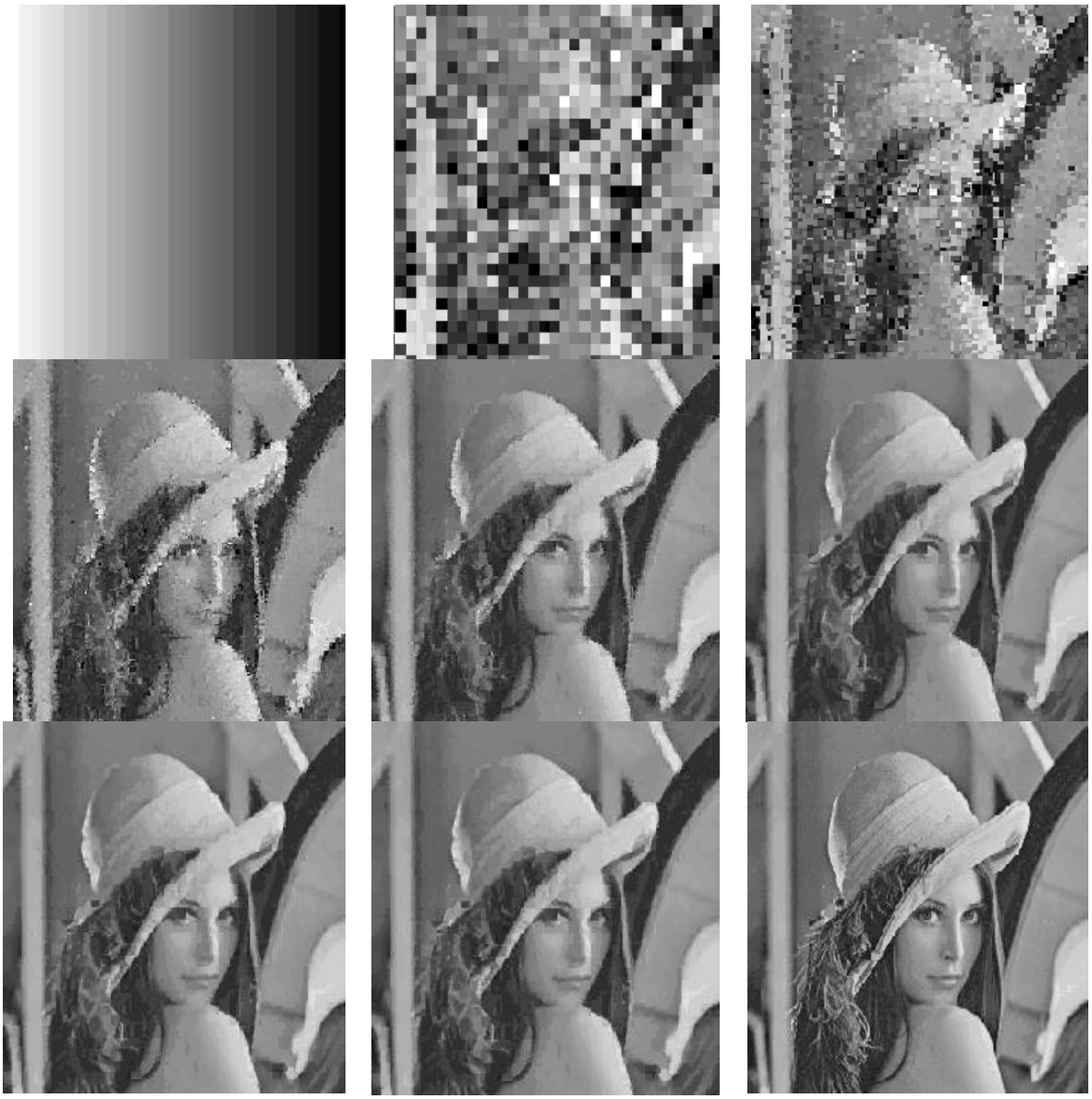
شکل۱- عملیات فشرده سازی و بازیابی تصویر برگرفته از مرجع[۱۱]

فشرده سازی تصاویر

در دهه گذشته،شاهدیک دگرگونی در چگونگی برقراری ارتباطات بودیم و این روند هنوز ادامه دارد.این دگرگونی شامل اینترنت همه جاگیر و در حال رشد،توسعه ی انفجاری ارتباطات سیار،و اهمیت روزافزون ارتباطات ویدیویی است.فشرده سازی داده ها یکی از فناوری های فعال کننده ی هر یک از جنبه های این دگرگونی چند رسانه ای است.بدون استفاده از الگوریتم های فشرده سازی داده ها،امکان قراردادن تصاویر،صوت و ویدیو در وب سایت ها وجود نداشت.فشرده سازی داده ها،که زمانی فقط یک گروه کوچک از مهندسین و دانشمندان با آن سروکار داشتند،در حال حاضر کاربرد بسیار گسترده ای پیدا کرده است.هنگام برقراری تماس از طریق تلفن همراه، از فشرده سازی استفاده می کنیم.هنگام استفاده از اینترنت برای هر نوع کاری،از فشرده سازی بهره مند می شویم. هنگام گوش دادن به موسیقی MP3،یا تماشای فیلم از روی DVD نیز از فشرده

[13]. Sonogeraghi
[14] . Echocaridographi

سازی استفاده می کنیم.[۱۲] تصاویر دیجیتال یعنی تصاویری که برای پردازش کامپیوتری به زنجیره ای از بیت ها تبدیل شده اند به حجم زیادی از حافظه کامپیوتر نیاز دارند.به عنوان مثال یک عکس دقیق هوایی سیاه و سفید در اندازه ۳/۵ فوت مربع را می توان با تفکیک پذیری ۳۰۰×۳۰۰ نقطه در هر اینچ مربع و با در نظر گرفتن هشت بیت برای ذخیره سازی هر نقطه،رقمی کرد.انجام این امر به ۱۳۰ مگا بایت حافظه کامپیوتر که بسیار بیش تر از میزان قابل پردازش در کامپیوتر های شخصی کنونی است،نیازمند است. در این روش با استفاده از فراکتال ها امکان فشرده سازی به نسبت بیش از ۱۰۰۰۰ به ۱ وجود دارد.این میزان فشرده سازی موجب تقلیل حافظه ای بین ۱۳ تا ۶۵ مگا بایت اشغال می کند.در این روش با استفاده از فراکتال ها امکان فشرده سازی به نسبت بیش از ۱۰۰۰۰ به ۱ وجود دارد.این میزان فشرده سازی موجب تقلیل حافظه لازم برای ذخیره عکس مورد بحث به میزان قابل قبول ۱۳۰۰۰ بایت می گردد.[۱]

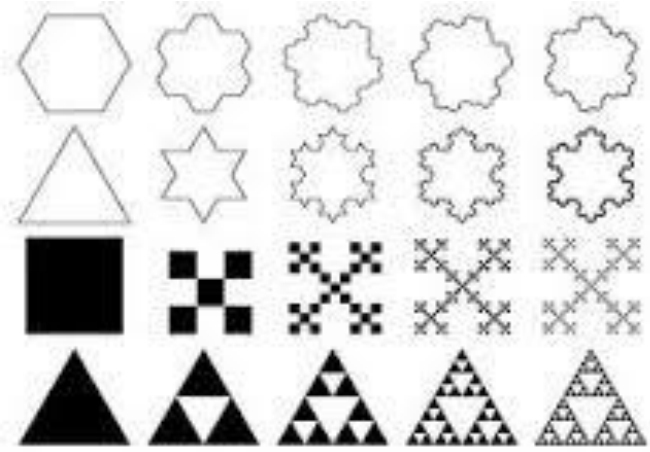


شکل۲- تصویر دلخواه اولیه، اولین، دومین، سومین، چهارمین، پنجمین، دهمین ، بیستمین مرحله تکرار

ایده خود تشابهی در تصویر

پدیده خود تشابهی ایده اصل فشرده سازی تصاویر فراکتالی می باشد.[۱۳] به طور مثال در مثلث سرپینسکی هر تصویر خود از نمونه های کوچک تر تشکیل شده است چنان چه می توان گفت در تصویر مثلث های سرپینسکی یک مثلث وجود داشته و

سایر مثلث ها بر اساس آن و با تغییر اندازه تصویر حاصل گردیده است به عبارتی دیگر تصویر اصلی خود از زیر بخش های مشابهی نظیر خود تشکیل یافته است.



فشرده سازی فراکتالی بر این اصل استوار است که بعضی از قسمت های عکس با بعضی از قسمت های دیگر مشابهت دارد.در واقع پیدا کردن نظم در تصاویر بی نظم روزمره.[۱۴-۱۵]

مروری بر فشرده سازی فراکتالی تصاویر

با یک تصویر دیجیتال شروع می کنیم و با استفاده از روش های تصویر پردازی مثل تفکیک رنگ،تشخیص لبه،تجزیه طیف نور و تجزیه تغییرات بافت،تصویر را به تعدادی جزء می شکنیم.یک جزء ممکن است یک برگ یا یک ابر باشد. همچنین یک جزئ ممکن است مجموعه پیچیده تری از سلول های تصویر مثل منظره دورنمای دریا شامل قطرات معلق آب در هوا و یا مه باشد. مرحله بعد،جسن جو به دنبال این اجزا در کتابخانه ای از فراکتال ها است.این کتابخانه محتوی فراکتال های واقعی نیست،زیرا در این صورت به فضای فوق العاده زیادی از حافظه نیازمندیم،بلکه شامل مجموعه های نسبتاً فشرده ای از اعداد است که کدهای توابع تکراری(IFS) نامیده می شوند و هرکدام فراکتال مربوط به خود را تولید می کند[۱۶].علاوه بر این،سیستم طبقه بندی کتابخانه چنان است که تصاویر مشابه نزدیک یکدیگر قرار می گیرند یعنی کدهای نزدیک به هم با فراکتال های مشابه متناظرند.این باعث می شود جهت یافتن فراکتال هایی که به طور تقریبییک تصویر معین را تولید می کنند بتوان رویه های خودکاری برای جستجوی کتابخانه ایجاد کرد.یک قضیه ریاضی تحت عنوان قضیه اختلاط تضمین می کند که ما همواره می توانیم کد IFS مناسبی بیابیم و برای انجام آن روشی نیز ارائه می دهد. پس از آن که به دنبال همه اجزاء تصویر در کتابخانه خود گشتیم و کد IFS آن ها را یافتیم،می توان تصویر اولیه رقمی را کنار گذاشت و کد های حاصل را نگهداری کنیم و از امکان فشرده سازی به میزان ۱۰۰۰۰ به ۱ یا حتی بیش تر بهره جست.[۱]. مهم تین قابلیت در این روش،تشخیص قسمت هایی از تصویر است که مشابه با بخش هایی دیگر از تصویر می باشد.برای کد کردن یک تصویر طبق خاصیت خود متشابهی،هر بلاک بایستی شبیه ترین بلاک را در دامنه پیدا کند.ایده اساسی فشرده سازی فراکتالی تصاویر،سیستم توابع تکراری می باشد.برای یک تصویر سیاه و سفید با سایز مشخص N*N استخر بردR شامل مجموعه ای از $\frac{N^2}{L}$ بلاک های غیر همپوشان با سایز L*L است.استخر دامنه شامل مجموعه ای از N-2L+1 بلاک همپوشان با سایز 2L*2L می باشد.

پارامترهای ارزیابی فشرده سازی فراکتالی تصاویر

سطح خاکستری تصویر با اندازه N که هر پیکسل با K بیت بیان می شود را در نظر بگیریم.هدف از فشرده سازی تصویر انتقال تصویر فشرده شده است به طوری که اطلاعات بعد از فشرده زدایی حفظ شود. کیفیت فشرده سازی می تواند با در نظر گرفتن مجموعه ای از ویژگی هایی که از سودمندی روش شرح داده می شود مشخص شود.کیفیت روش بازسازی شده را می توان با

حداکثر نسبت سیگنال به نویز[۱۵](PSNR) اندازه گیری کرد. ویژگی بعدی سرعت پردازش[۱۶] الگوریتم های فشرده سازی است.در کاربردهای آنلاین زمان پاسخ از عوامل مهم است.اگر زمان پردازش باعث تأخیر غیر قابل تحمل در نرم افزار پردازش تصویر شود، فضای کارآمد الگوریتم بی فایده خواهد بود. از نظر عملی آخرین ویژگی حداقل پیچیدگی خود الگوریتم است.قابلیت اطمینان نرم افزار اغلب با درجه بالایی بستگی به پیچیدگی الگوریتم دارد.

بهینه سازی

واژه بهینه سازی بر هرچه بهتر کردن راه حل مربوط به یک مسأله تأکید دارد.در مسائل بهینه سازی با تعداد زیاد پارامتر،روش های قدیمی یا کارایی مناسبی ندارند و یا وفت و هزینه زیادی را برای حل مسدله صرف می کند.در این گونه موارد شایسته است که به جای بررسی تمامی فضای جواب،که تقریباً غیر ممکن است،از روش های دیگری استفاده شود که به صورت هوشمند،گستره فضای جستحو را کاهش دهند.در راستای این هدف،الگو برداری از سیستم ها فرایند های طبیعی و بیولوژیک که در انجام چنین فرایندهایی موفق تر عمل می کنند،رونق فراوانی یافته است. انسان همیشه برای الهام گرفتن به جهان زنده پیرامون خود نگریسته است.هم اکنون کار روی توسعه سیستم های هوشمند با الهام از طبیعت از زمینه های خیلی پرطرفدار هوش مصنوعی است،که از جمله آن ها می توان به بهینه سازی کلونی مورچه ها اشاره کرد.

فشرده سازی فراکتالی به روش جستجوی وسیع

کار اصلی در این روش فشرده سازی،پیدا کردن نواحی است که شباهت زیادی به هم دارند.روند کار به این صورت است که تصویر اولیه به بلاک های دامنه و برد تقسیم می شوند.بلاکهای برد همپوشانی نداشته و کوچک تر از بلاک های دامنه بوده و تمام تصویر را به صورت کامل می پوشاند و مجموعه بردها را تشکیل می دهد. بلاک های دامنه که بزرگ تر از بلاک های برد می باشد دارای همپوشانی بوده و مجموعه بلاک های دامنه را تشکیل می دهند که می توانند در هر قسمتی از تصویر و به هر صورتی قرار بگیرند.برای فشرده سازی تصویر برای هر بلاک برد،تمامی بلاک های دامنه جستجو شده و آن بلاک دامنه ای که کم ترین اختلاف را با بلاک برد دارد کاندید گردیده و پارامتر های آن ذخیره می شود. پایه و اساس FIC،ساختن تصویر با استفاده از تبدیل های جمع شونده ای است که نقطه ثابت آن به عکس اصلی شبیه باشد.ژاکوئین نخستین الگوریتم را برای PIFS ارائه داد که به صورت زیزر است:

$$w_i\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}a_i & b_i & 0\\c_i & d_i & 0\\0 & 0 & s_i\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}e_i\\f_i\\o_i\end{bmatrix}$$

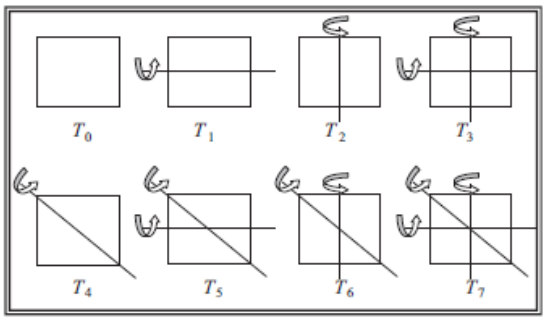
که در آن X و Y موقعیت مربوط به i امین بلاک برد از تصویر و Z مربوط به مقدار پیکسل آن بلاک برد و a_j,b_j,c_j و d_j مختصات مربوط به پارامتر مقیاس و e_j,f_j مختصات بلاک دامنه و s_j پارامتر کنتراست برای بلاک است.پارامتر g_j مقدار روشنایی برای بلاک می باشد. روند کار به این صورت است که ابتدا تمام تصویر به مربع های غیر هم پوشانی شده به اندازه B.B به نام بلاک های برد شکسته می شود.مربع های هم پوشانی شده به نام بلاک دامنه نیز در تمام تصویر با اندازه C.C که معمولاً C=2B وجود دارد،همچنین باید گفته شود که برای هر بلاک دامنه،۸ حالت (۴ حالت چرخش همسانی،چرخش ۹۰°،چرخش ۱۸۰° و چرخش ۲۷۰°) و ۴ حالت flip (انعکاس پیرامون محور عمودی وسط،انعکاس پیرامون قطر اصلی و انعکاس پیرامون قطرفرعی) وجود دارد که ماتریس آن ها به صورت زیر است:

24.Peak Signal to Niose Ratio
25.Processing Speed

$$T_0=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}, T_1=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{bmatrix}, T_2=\begin{bmatrix}-1 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

$$T_4=\begin{bmatrix}-1 & 0\\ 0 & -1\end{bmatrix}, T_5=\begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix}, T_6=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -1 & 0\end{bmatrix}$$

$$T_7=\begin{bmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{bmatrix}, T_8=\begin{bmatrix}0 & -1\\ -1 & 0\end{bmatrix}$$



در این مقاله بلاک های دامنه با اندازه ۴*۴ هستند و اندازه بلاک های برد ۲*۲ است.بلاک های دامنه به صورت شبکه ای در تصویر وجود دارند که در شبکه استفاده شده در این مقاله با فاصله ۱ در افق و عمود هستند،بنابراین تعداد کل بلاک دامنه موجود برای یک تصویر با اندازه ۱۲۸*۱۲۸ برابر ۱۵۶۲۵= (۱+۴-۱۲۸).(۱+۴-۱۲۸) است.بلاک های برد با هم هم پوشانی ندارند لذا تعداد آن ها در تصویر برابر با ۴۰۹۶=(۱۲۸/۲).(۱۲۸/۲) است.چون اندازه بلاک دامنه دو برابر بلاک برد است معمولاً با میانگین گیری از ۴ پیکسل مجاور،هم اندازه می شوند.بلاک های دامنه با میانگین گیری کوچک شده اند،لذا مستقیماً در محاسبات قابل استفاده هستند.بعد از این که بلاک های دامنه و بلاک های برد ساخته شدند برای هر بلاک برد R_j،ما تمامی مجموعه بلاک های دامنه D_j را جستجو کرده و بلاک دامنه با نزدیک ترینشباهت را انتخاب می کنیم و سپس ۸ حالت چرخش و flip را بر روی آن بلاک دامنه منتخب اعمال نموده و مقدار خطاهای هر ۸ حالت را محاسبه و شماره حالتی که مینیمم خطا را دارد به همراه پارامترهای دیگر که در ادامه خواهد شد،ذخیره می نماییم. لازم به ذکر است که یک مقدار آستانه برابر ۳۰ در نظر می گیریم که اگر میزان خطای محاسبه شده R کمتر از مقدار آستانه بود،عملیات جستجو متوقف و همان بلاک دامنه به عنوان بهترین بلاک انتخاب می گردد. نزدیک ترین شباهت با استفاده از رابطه زیر که فاصله اقلیدسی مابین R و D است،برای همه بلاک های دامنه نسبت به بلاک برد به دست آورده و کمینه ترین حالت را انتخاب می کنیم:

$$R=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(R_{ij}-(sD_{ij}+g))^2$$

خطای کم تر (R)،نشان دهنده این است که بلاک دامنه و بلاک برد به هم نزدیک تر هستند.S از رابطه زیر محاسبه می شوند: n اندازه بلاک برد،R مقدار پیکسل لاک برد،D مقدار پیکسل بلاک دامنه،$R_{ij}.D_{ij}$ ضرب المانی ماتریس برد و دامنه است و g براساس s و از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد: تبدیل $\varphi(D)=S*D+g$ کم ترین فاصله مربعات را بین بلاک برد مورد نظر و بلاک دامنه فراهم می کند که فاکتورهای SوgS به ترتیب کنتراست و روشنایی و D مقدار پیکسل دامنه است.

برای هر بلاک برد،کنتراستS،روشنایی g،چرخش یا flip انتخاب شده و مختصات سط و ستون دامنه منتخب،ذخیره می گردد.[۶-۷] در هنگام بازیابی تصویر در ابتدا یک ماتریس ۱۲۸*۱۲۸ دلخواه در نظر می گیریم که ما در اینجا از یک ماتریس با درایه های صفر شروع کردیم،مختصات دامنه منتخب که قبلاً ذخیره گردیده را در ماتریس با درایه های صفر،یافته سپس آن تکه را برمی داریم و با توجه به نوع چرخش و مقدار کنتراست و روشنایی تصویر که برای آن مختصات ذخیره کرده ایم،تصویر را بازیابی می کنیم.ما در اینجا ۵ تکرار را در بازیابی تصویر در نظر گرفته ایم.در حالت کلی هرچه تکرار افزایش یابد،کیفیت و

زمان کدگشایی بیشتر می شود.تعداد تکرار با روش سعی و خطا قابل محاسبه است که ما با آزمایش به این نتیجه رسیدیم که در تکرارهای بیش تر ،کیفیت بهتر می شود.

نتایج پیاده شازی

پیاده سازی بر روی تصویر استاندارد لنا با اندازه ۱۲۸*۱۲۸ با بلاک های برد ۲*۲ و بلاک های ئامنه ۴*۴ تعداد ۵ تکرار و مقدار ۳۰ به عنوان آستانه خطا بر روی لپ تاپ DELL هفت هسته ای انجام شده است، که نتایج آن در ادامه نشان داده شده است.

شکل۳- تصویر اولیه لنا

تصویر بازیابی شده طبق روش جستجوس کامل

شکل۴- مقادیر کیفیت و زمان کدگذاری بر اساس جستجوی کامل

PSNR معیار رایج اندازه گیری کیفیت در روش های فشرده سازی با اتلاف است که از سیگنال اولیه و سیگنال بازیابی شده استفاده می کند هرچه این عدد بزرگ تر باشد نشانه این است که کیفیت تصویر بازیابی شده بیش تر و هرچه کم تر باشد نشانه این است که کیفیت تصویر بازیابی شده کم تر است که فرمول آن از طریق محاسبه میانگین مجذور خطا[۱۷] MSE به صورت زیر است:

$$PSNR = 20 \times \log_{10}(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}})$$

[29].Mean Sequare Error

$$MSE=\frac{1}{mn}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left\|I(i,j)-I'(i,j)\right\|^2$$

که MAX_1 برابر بیش ترین مقدار پیکسل در تصویر ($MAX_1=255$)و m,n به ترتیب برابر با تعداد پیکسل های موجود در طول و عرض تصویر هستند.I تصویر اصلی و I' تصویر بازیابی شده است و واحد نتیجه بدست آمده بر اساس db (دسی بل) است.ستون سوم زمان فشرده سازی براساس ثانیه است.

نام تصویر	کیفیت	زمان کدگذاری (ثانیه)
لنا	۳۴,۵۸	۵۷,۳۴

مقایسه فشرده سازی فراکتالی تصاویر با استفاده از تکنیک های ACO,GA و PSO

در این قسمت نتایج مقاله [۱۴پ] که مقایسه بین روش های بهینه سازی الگوریتم ژنتیک،الگوریتم بهینه سازی توده ذرات و الگوریتم کلونی مورچه در فشرده سازی فراکتالی تصاویر بوده است آورده شده و ما با توجه به نتایج پیاده سازی مرجع فوق بر آن شدیم تا در روش پیشنهادی خود از الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه استفاده نماییم. همان طور که بیان شد،نقطعه ضعف اصلی FIC هزینه بالای محاسباتی آن است.برای رفع این مشکل بهره گیری از تکنیک های بهینه سازی مثل ACO,GA و PSO تا حدود زیادی باعث کاهش فضای جستجو و در نتیجه کاهش زمان رمزگذاری شوند.پیاده سازی این روش بر روی تصویر لنا ۲۵۶*۲۵۶ با بلاک های برد ۴*۴ و بلاک های دامنه ۸*۸ در [۱۴]انجام شده است.

فشرده سازی فراکتالی تصاویر با استفاده از GA

در حال حاضر،محققان به طور عمده بر روی نحوه انتخاب و بهینه سازی بلاک های دامنه،تعادل بین سرعت فشرده سازی و وافشرده سازی،افزایش ضریب فشرده سازی و بهبود کیفیت تصویر پس از فشرده سازی و به ویژه در زمینه کاهش پیچیدگی جستجو تمرکز دارند.الگوریتم ژنتیک شبیه سازی الگوریتم تصادفی فرایند تکامل طبیعی است.

الگوریتم های ژنتیک تکنیک جستجوی ریاضی است که سعی در شبیه سازی فرایندهای تکاملی بیولوژیکی برای حل مسائل بهینه سازی دارد.به جای جستجوی یک نقطه در یک زمان GA از جستجوی چندگانه نقاط استفاده می‌کند. تلاش GA برای یافتن راه حل های نزدیک به بهینه بدون رفتن از طریق مکانیزم جستجوی کامل است.بنابراین GA می تواند ادعای مزایای قابل توجهی در رابطه با کاهش زیاد در فضا و زمان جستجو داشته باشد.در این روش از یک سیستم طبقه بندی ساده برای بلاک های برد استفاده شده است.الگویتم ژنتیک جهت یافتن بلاک دامنه مناسب و همچنین تبدیل مناسب برای هر بلاک برد استفاده می شود[۱۴]

فشرده سازی تصاویر فراکتالی با استفاده از بهینه سازی گروه ذرات

فشرده سازی فراکتالی تصاویر مبتنی بر جستجوی کامل،می تواند بهترین بلاک دامنه مطابق با بلاک برد را بیابد اما بسیار زمان بر است.PSO می تواند یک راه سرع برای رمزگذاری بلاک های برد فراهم کند.مکانیزمی فراهم می کند به گونه ای که ذرات در ارتباط و تبادل اطلاعات باشند که این درست شبیه به رفتار اجتماعی حشرات و یا انسان ها می باشد.از آنجا که تقلید از اشتراکات اجتماعی اطلاعات است PSO ذرات را به جستجوی راه حل مؤثرتر هدایت می کند.از آنجا که الگوی PSO نیاز به عملیات ریاضی اولیه دارد،این الگوریتم محاسباتی ارزان،می تواند با چند خط کد کامپیوتری،اجرا شود.PSO در شاخه های مختلف علوم مهندسی و با موفقیت به کار گرفته شده است.برای FIC،از PSO تسریع جستجوی نزدیک ترین بلاک دامنه مطابق با بلاک برد،استفاده می کنیم.PSO مبنتی بر FIC نشان می دهد که PSO می تواند به طور مؤثر بلاک های دامنه مناسب را بیابد.ضمناً کیفیت تصویر بازیابی شده می تواند هنگام مقایسه جستجوی کامل FIC حفظ شود.[۱۴پ]

۴-۳-۳ نتایج پیاده سازی

- ✓ تکنیک های بهینه سازی برای کاهش زمان جستجو مورد استفاده قرار می گیرند.

- ✓ روش های بهینه سازی می توانند به طور مؤثر،زمان رمزگذاری را کاهش دهد در حالی که کیفیت تصویر بازیابی شده را حفظ کند.
- ✓ تکنیک های بهینه سازی برای یافتن راه حل های بهینه برای هر فرآیند مورد استفاده قرار می گیرند.

جدول۱- مقایسه کیفیت و زمان کدگذاری بر اساس الگوریتم ژنتیک،بهینه سازی گروه ذرات و کلونی مورچه

نوع الگوریتم	زمان کدگذاری(ثانیه)	کیفیت
GA	۲۳۷۰	۶۲,۲۲
PSO	۳۴۷	۲۴,۴۳
ACO	۶۵۰۰	۳۴,۳۹

جستجو بر اساس بهینه سازی کلونی مورچه

در این مقاله پایه الگوریتم ACO برای فشرده سازی فراکتالی تصاویر با استفاده از سیستم توابع تکرار شونده ارائه شده است.با توجه به آزمون انجام گرفته ،الگوریتم پیشنهادی تصاویری با کیفیت تصاویر بدست آمده از روش قطعی در زمان حدود ۳۴٪ کم تر ارائه می دهد. ویژگی های اصلی ACO ، جستجوی سریع راه حل خوب،موازی کاری و استفاده از معلومات ابتکاری است.در این مقاله یک الگوریتم ترکیبی کلونی مورچگان ارائه شده است.

الگوریتم کلونی مورچگان:

مورچه ها برای بدست آوردن غذا کوتاهترین مسیر را انتخاب می کنند.آن ها ماده ای به نام فرومون از خود به جا می گذارند.مسیری که فرومون بیش تری دارد انتخاب می شود. این الگوریتم برای حل مسائل بهینه سازی بر مبنای رفتار مورچگان استفاده می شود. یکی از بهترین الگوریتم های شناخته شده ی ACO،سیستم مورچگان(AS)است.

در سال ۱۹۹۲توسط مارکو دوریگو(Marco Dorigo) ساخته و برای حل مسئله ی فروشنده دورگرد،مبنی بر پیدا کردن غذا از کوتاهترین راه بین لانه تا منبع استفاده شد.

AS-ACO:

بعضی از جزئیات این الگوریتم که با رفتار حقیقی مورچگان برای کاهش هزینه ی گراف مطابقت دارد: T_{ij}: مقدار فرومون گذاشته شده روی هر یال (i,j) از گراف G(V,E) با دستیابی به سود متناسب است.هر مورچه یک گام از حل مسئله را می سازد. در هر گره،مورچه از اطلاعات محلی ذخیره شده برای تصمیم گیری استفاده می کند. وقتی مورچه ی k در گره ی i است،با استفاده از دنبال کرده فرومون گذاشته شده (T_{ij}) روی لبه و کشف اطلاعات،j را به عنوان گره ی بعدی خود انتخاب می کنند.(مطابق با قانون رابطه ی تصادفی):

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^{\alpha}\eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{l\in N_i^k}\tau_{il}^{\alpha}\eta_{il}^{\beta}} & if \quad j \in N_i^k \\ 0 & if \quad j \notin N_i^k \end{cases}$$

N^k_i:مورچه kدر مجاورت گره i، همسایگی گره I شامل تمام گره هایی است که به صورت مستقیم به آن متصلند.با اجرای قانون تصمیم گیری در هر گره،مورچه k سرانجام به گره ی آخر می رسد.مورچه فقط یک بار مسیرش را به طور کامل می رودفو مقداری فرومون هم روی لبه هایی که از آن ها عبور کرده،باقی می گذارد.

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + \Delta\tau^k$$

به علت غلظت زیاد فرومون در مسیر I,J،مورچه هایی که در گره ی I هستند، به احتمال زیاد گره ی j را به عنوان گره ی بعدی انتخاب می کنند.مقدار فرومون به تابع کاهنده ی طول مسیر وابسته است.در حقیقت کاهش مقدار فرومون به کشف مسیر های جدید در طول پروسه توجه دارد. در واقعیت کلونی مورچه،تبخیر صورت می گیرد،اما نقش مهی در جستجوی کوتاهترین مسیر ایفا نمی کند.تبخیر اجازه ی بهبود مداوم در راه حل و اصلاح تصمیمات بد را می دهد.

تبخیر فرومون از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$\tau_{ij} = (1-\rho)\tau_{ij}$$

تکرار	تعداد مورچه	زمان کدگذاری (ثانیه)	کیفیت	نام تصویر
۵۵	۵	۱۷۰	٪۴۷,۸	لنا
۵۵	۱۰	۱۹۲	٪۷۲,۱	لنا
۴۵	۱۰	۲۹۰	٪۴۲,۳	لنا

برای همه ی لبه های I,j از گراف G و $\rho \in (0,1]$ یک پارامتر الگوریتم است.

چارچوب عمومی برای کلونی مورچگان:

مقدار دهی اولیه

تا زمان پایان:

ساختن راه حل

ایجاد جستجوی محلی

بهنگام کردن فرومون

جزئیات الگوریتم:

فرومون:در کار ما،فرومون گذاشته شده روی لبه ی (I,j) اشاره به وابستگی برد بلاک I و دامنه بلاک j دارد.

ماتریس فرومون،مستطیلی(نا متقارن) است.سطرها،برد بلاک ها را نشان می دهند(بلاک های تصویر) و ستون ها دامنه ی بلاک ها(بلاک تغییر کرده)

حل مسئله:

هر مورچه در انتخاب مسیرش یک دامنه بلاک j برای هر برد بلاک i ایجاد می کند.

احتمال این که یک مورچه k یک دامنه بلاک j برای برد بلاک i انتخاب کند،از تساوی زیر بدست می آید:

جدول۲-مقادیر کیفیت و زمان کدگذاری بر اساس روش پیشنهادی

$$p_{ij}^{k} = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^{\alpha}\eta_{ij}^{\beta}}{\sum_{l\in N_i^k}\tau_{il}^{\alpha}\eta_{il}^{\beta}} & if \quad q < e^{-\frac{k}{2\times ants}} \\ J & otherwise \end{cases}$$

همان طور که در جدول نتایج مشخص است ،زمان کد گذاری و کیفیت تصویر بهبود یافته است.

نتیجه‌گیری

مشکل اصلی فشرده سازی فراکتالی تصاویر،هزینه محاسباتی بالا و در نتیجه زمان فشرده سازی غیر قابل قبول آن است.برای غلبه بر این مشکل راهکارهای مختلفی مطرح است.تکنیک های بهینه سازی به تنهایی راهکار خوبی برای کاهش زمان جستجو و کاهش زمان کدگذاری نمی باشند از طرفی نتایج مقایسه نشان داد که بهینه سازی کلونی مورچه،نتایج بهتری را نسبت به الگوریتم ژنتیک و بیهنه سازی گروه ذرات دارا می باشد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که عملیات جستجو بر اساس کلونی مورچه بر روی بلاک های دامنه دسته بندی شده،جواب های قابل قبولی را به دست می آورد که می تواند زمان بر بودن الگوریتم های فشرده سازی فراکتالی را به خوبی کنترل کند.طبق نتایج بدست آمده روش پیشنهادی نقش مهمی در بهبود کارایی فشرده سازی فراکتالی تصویر ایفاد می کند در عین حال کیفیت تصویر را تا حد قابل قبولی حفظ می کند.

منابع

۱. جواد وحیدی و ذبیح الله احمدپور،"گرافیک کامپیوتری"،۱۳۸۸
۲. پیتر کولی،مترجمین:همایون موتمنی و معصومه پور حسین،"گرافیک کامپیوتری"،۱۳۸۲

۳. مقاله کارشناسی ارشد،فهیمه صالحی امیری،"فشرده سازی فراکتالی تصاویر با استفاده از الگوریتم مورچگان"
۴. کتاب مقدمه ای بر فشرده سازی،خالد یوسف،عین اله جعفر نژاد قمی،۱۳۹۳

5. Y. Fisher. Fractal Image Compression: Theory and Applications. Springer-Verlag, New York, 1991
6. J.Crilly,R.A.Earnshaw,H.Joens,"Fractal and chaos",Springer-V erlga,new york,1991 [6]
7. H.O.Peigen,J.M.Henriques,L.F.Penedo,"Fractal in the Fundamental and Applied Sciences,"Elsevier science Publishing Company Inc,New york,1991
8. P.Subramanian,R.Indumathi,"Fractal Image Compression Techniques",International Journal of computer & organization Trends,2014
9. M.F.Barnesley,"Fractal Image Compression",Notices of the AMS,1996
10. A.E.Jacquin,"Image coding based on a fractal theory Iterated contractive image transformation",IEEE Transactions on signal Processing,vol.1,pp.18-3,1992
11. M. Barnsley and L. Hurd. Fractal Image Compression. On Image Processing:
12. Mathematical Methods and Applications. pp. 183-210, Clarendon Press, Oxford, 1997.
13. Nahesh G.Huddar,"Genetic Algorithm based Fractal Image Compression",IJMER,vol.3 pp 1123-1128,2013
14. C.S. Tong, M. Pi, Analysis of a hybrid fractal Predictive coding compression schame, signal Processing : Image Communication 18 (2003) 483-495.
15. T.Acharya,P.Sing Tsai.” Jpeg 2000 Standard for image compression”.John Wile & sons, Canada,2005.
16. N.T.Thao, “A hybrid fractal–DCT coding scheme for image compression,” in Proceeding ICIP-96 (IEEE International Conference on image processing), Lausanne Switzerland,Sept. 1996, vol. 1, pp. 169-172.
17. An ACO Algprithm for Image compression,Cristain Martinez,Dec 29,2006,electronic Journal,vol 9,number 2 ,paper1
18. An Adaptive fractal Image compression ,Taha Mohamad Hasan,IycsI International journal of computer science Issues,vol.10,Issues 2,march 2013
19. Fractal Image Compression Techniques,International journal of computer & organization Trends,vol.4,journal 2014,p.subrer manian,R.Inumathi
20. Fractal Image Compression using soft computing,International journal of computer Trends Technology,vol.4,April 2013