

فشرده‌سازی تصویر توسط چندی‌سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته

ثریا امویی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد؛ کمال میرزائی^۲، استادیار

۱- دانشکده مهندسی کامپیوتر- دانشگاه علم و هنر- یزد- ایران - sorayya.amouei@gmail.com

۲- دانشکده مهندسی کامپیوتر - واحد میبد - دانشگاه آزاد اسلامی- میبد - ایران - k.mirzaie@maybodiua.ac.ir

چکیده: چندی‌سازی برداری یکی از روش‌های پرکاربرد در فشرده‌سازی تصویر است. پژوهشگران، الگوریتم‌های مختلفی با چندی‌سازی برداری به منظور رسیدن به کتاب-کد بهینه ارائه داده‌اند. از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان از الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات و الگوریتم کرم شب‌تاب نام برد. در این مقاله برای چندی‌سازی برداری، روش جدیدی بر اساس الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته ارائه شده است. در روش پیشنهادی عملکرد ترکیب ژنتیک با الگوریتم کرم شب‌تاب پایه، به منظور بهبود الگوریتم پایه، ادغام شده و از آن در تولید کتاب-کد چندی‌سازی برداری، استفاده گردیده است. نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی، نشان می‌دهد که این الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته در مقایسه با الگوریتم‌های ژنتیک و کرم شب‌تاب پایه، بهتر عمل می‌کند. درصد بهبود کیفیت روش پیشنهادی نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب پایه حدود یک درصد است. علاوه بر آن، با افزایش سایز کتاب-کد عملکردی مشابه با الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات دارد.

واژه‌های کلیدی: فشرده‌سازی تصویر، چندی‌سازی برداری، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کرم شب‌تاب.

Vector Quantization Using a Modified Firefly Algorithm for Image Compression

Sorayya Amouei¹, MSc student; Kamal Mirzaie², Assistant professor

1- Department of Computer Engineering, Science and Art University, Yazd, Iran, Email: sorayya.amouei@gmail.com

2- Department of Computer Engineering, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran, Email: k.mirzaie@maybodiua.ac.ir

Abstract: Vector Quantization (VQ) is the powerful technique in image compression. Generating a good codebook is an important part of VQ. There are various algorithms in order to generate an optimal codebook. Recently, Swarm Intelligence (SI) algorithms were adapted to obtain the near-global optimal codebook of VQ. In this paper, we proposed a new method based on a modified firefly algorithm (MFA) to construct the codebook of VQ. The proposed method merged genetic crossover operator with FA to develop the VQ. This method is called MFA model. Experimental results indicate that the reconstructed images generated by the proposed model is get higher quality than FA and it's about one percent, but it is no significant superiority to the PSO algorithm. Furthermore, MFA is slower than FA.

Keywords: Image Compression, Vector Quantization, Swarm Intelligence, Firefly Algorithm.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۱۱

تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۱

نام نویسنده مسئول: کمال میرزائی

نشانی نویسنده مسئول: ایران - یزد - میبد - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد - گروه مهندسی کامپیوتر.

۱- مقدمه

با توجه به پیشرفت‌های وسیعی که در زمینه ذخیره‌سازی و انتقال اطلاعات وجود داشته است، فشرده‌سازی داده‌ها مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. یکی از داده‌های پرکاربرد، تصویر است. در این راستا، پژوهشگران به دنبال راه‌های مختلفی برای فشرده‌سازی تصاویر هستند. در میان این روش‌ها، چندی‌سازی برداری^۱ با توجه به موفقیت‌هایی که در برخی کاربردها داشته است، مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. به‌طور کلی VQ به سه فاز تولید کتاب-کد^۲، رمزگذاری^۳ بردار و رمزگشایی^۴ بردار، تقسیم می‌شود [۱، ۲]. تولید کتاب-کد فرایند مهمی برای تشخیص کارایی چندی‌سازی برداری است. هدف از تولید کتاب-کد، یافتن بردار-کدهایی^۵ برای بردارهای آموزشی^۶ داده‌شده است. این عمل توسط کمینه کردن فاصله بین بردارهای آموزشی و بردار-کدهای مربوط به هر کدام، صورت می‌گیرد. عملیات کدگذاری برداری شامل تقسیم‌بندی تصویر به بردارهای ورودی (بلاک‌ها) و مقایسه با کلمه-کدهای^۷ کتاب-کد به منظور یافتن نزدیک‌ترین کلمه-کد برای هر بردار ورودی است. به عبارتی اندیسی که نزدیک‌ترین کلمه-کد برای هر بردار ورودی اشاره دارد، تعیین می‌شود. اندازه کتاب-کد بسیار کوچک‌تر از تصویر اصلی است که هدف فشرده‌سازی تصویر است. در فرآیند کدگشایی، زیر-تصویر توسط کتاب-کد مربوطه‌اش که در فاز کدگشایی استفاده شده است، بازیابی می‌شود. زمانی که هر زیرتصویر به‌طور کامل بازسازی شد، کدگشایی کامل می‌شود [۳].

می‌توان روش‌های چندی‌سازی برداری را به دو دسته کلاسیک و متاهیورستیک تقسیم‌بندی کرد. چندی‌سازی برداری با ساختار درختی، چندی‌سازی برداری حاصل‌ضربی و LBG^۸ نمونه‌هایی از روش‌های کلاسیک هستند. در مقابل آن چندی‌سازی برداری مبتنی بر الگوریتم‌های تکاملی و هوش جمعی^۹ مانند الگوریتم ژنتیک^{۱۰}، بهینه‌سازی ازدحام ذرات^{۱۱} و کرم شب‌تاب^{۱۲} از نوع متاهیورستیک هستند [۴، ۵]. اخیراً، الگوریتم‌های هوش جمعی مختلفی به‌منظور طراحی کتاب-کد برای بهبود در روش چندی‌سازی برداری بکار گرفته شده‌اند. این الگوریتم‌ها با انتخاب یک کتاب-کد مناسب، مقدار خطای انحراف^{۱۳} را کمینه می‌کنند [۶]. هدف اصلی این مقاله، ارائه روشی جدید به‌منظور دستیابی به نرخ فشرده‌سازی بهتری نسبت به روش الگوریتم کرم شب‌تاب پایه است. معادله حرکتی الگوریتم کرم شب‌تاب دارای کمبودهایی است. از این‌رو برای بهبود حرکت کرم‌های شب‌تاب از عملگر ژنتیک به نام تابع ترکیب ۱۴ استفاده شده است. در روش پیشنهادی حرکت کرم شب‌تاب به سمت کرم شب‌تاب پرنورتر به این صورت است که، ابتدا دو کرم شب‌تاب با مقدارهای برازش ۱۵ بیشتر از کرم شب‌تاب مورد نظر به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند، سپس تابع

ترکیب بر روی آن‌ها اعمال می‌شود. از بین جواب‌های بدست آمده، جوابی که دارای برازش بیشتری است انتخاب‌شده و کرم شب‌تاب مورد نظر به سمت آن حرکت می‌کند. در ادامه از الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته پیشنهادی، برای چندی‌سازی برداری به‌منظور فشرده‌سازی تصویر، استفاده می‌شود و نتایج آن با الگوریتم شب‌تاب پایه، مقایسه خواهد شد.

۲- کارهای انجام‌شده

الگوریتم ژنتیک در زمینه‌های مختلفی از جمله چندی‌سازی برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در [۷] الگوریتم جدیدی برای فشرده‌سازی معرفی شده است. این الگوریتم از امکانات و توانایی‌های الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است تا کارایی روش چندی‌سازی برداری را مؤثرتر و قدرتمندتر کند. مؤلفین مقاله با به کار بردن عملیات ترکیب، تکنیک نخبه‌کشی و جهش^{۱۶}، کتاب-کدی بهینه برای چندی‌سازی برداری ارائه دادند.

الگوریتم ژنتیک به‌منظور افزایش کارایی با الگوریتم‌های مختلفی ترکیب شده است. در مقاله [۸] پس از به دست آوردن جمعیت اولیه و انتخاب دو والد از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه زوجی برای عملیات ترکیب استفاده شده است. پس از عملیات ترکیب، عملیات جهش به‌منظور حفظ تنوع ژنتیکی انجام می‌شود. این روند منجر به تولید جمعیتی جدید می‌شود و سپس برای بهینه‌سازی محلی از الگوریتم GLA^{۱۷} استفاده کرده است.

در [۹] تابع عضویت از نوع گوسی ارائه شده است تا تطابق بین بردارهای کد و الگوهای تصویر را محاسبه کند. از این‌رو تابع عضویت به‌عنوان یک تخمین‌زننده نرم فرض شده است و وزن‌های مناسب الگوی تصویر داده‌شده را توسط دستیابی به بیشترین شباهت بین بردارهای کد و الگوی تصویر اصلی تخمین می‌زند. الگوریتم‌های استنتاج فازی نیاز فراوان به دانستن اینکه چگونه شمای یادگیری طراحی شود تا تابع عضویت مناسبی شناسایی شود و به بردار کد خوبی دست یابد. از دیگر مشکلات، این است که ترکیب تنظیمات بهترین پارامتر وابسته به اشکال و محدوده تصویر آموزشی اصلی است. به‌منظور کاهش امتحانات و خطاها، پیشنهاد شده است که سیستم استنتاج فازی از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای دستیابی به فشرده‌سازی تصویر استفاده کند. بر اساس شمای یادگیری تطابقی PSO و تابع عضویت قابل انعطاف سیستم استنتاج فازی شواهد ثابت کردند که این سیستم فشرده‌سازی تصویر، بسیار سودمند است.

کاپور و همکارانش در [۱۰] الگوریتم یادگیری بهینه‌سازی ازدحام ذرات خودتطبیقی فازی را به‌منظور دستیابی به کتاب-کد بهینه برای

درخشندگی است. به عبارتی کرم شب تاب را به سمت کرم شب تابیی حرکت می دهد که باعث افزایش درخشندگی آن شود. اگر کرم شب تابیی با این ویژگی یافت نشود، کرم شب تاب در موقعیت خودش باقی می ماند.

در [۱۴] چیرانجیوی و همکارانش به مقایسه و بررسی روش های بهینه سازی مختلفی برای تولید کتاب-کد در روش چندی سازی برداری پرداخته اند. نتایج نشان داد که الگوریتم خفاش^{۱۸} PSNR^{۱۸} بهتری نسبت به الگوریتم های LBG، کرم شب تاب، فاخته و فاخته پیوندی دارد.

سورو و همکارانش در [۱۵] یک الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته برای تولید کتاب کد روش چندی سازی برداری معرفی کردند. تفاوت اصلی نسخه بهبود یافته و پایه در مجموعه آموزشی است. این روش تأثیر و قدرت بالای مجموعه آموزشی را در تولید یک کتاب کد بهتر نشان داد.

کاری و همکارانش در [۱۶] روش جدیدی برای تولید کتاب کد چندی سازی برداری به کمک الگوریتم خفاش نشان دادند. این روش کتاب کدی مؤثر با زمان محاسباتی کم و PSNR خوبی ارائه می دهد. در این مقاله با توجه به مقادیر PSNR، برآزش و مدت زمان اجرا نتایج الگوریتم پیشنهادی را با الگوریتم های GA، PSO و FA مقایسه شده است.

در ادامه این مقاله بخش ۳ به چگونگی تولید کتاب-کد توسط الگوریتم کرم شب تاب می پردازد. بخش ۴ شامل معرفی روش پیشنهادی است. در بخش ۵ نتایج حاصل از پیاده سازی ها و مقایسه انجام شده برای تعیین کارایی الگوریتم جدید با برخی معیارهای معمول فشرده سازی مورد بررسی قرار می گیرند و در بخش ۶ جمع بندی و کارهای آینده، ارائه می شود.

۳ چندی سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب تاب

چندی سازی برداری یک روش فشرده سازی داده با اتلاف در حالت کدگذاری بلوکی است. تولید کتاب-کد از مراحل مهم در VQ می باشد. فرض می شود اندازه پیکسل های تصویر اصلی $h \times w$ است که به بلوک هایی با سائز $n \times n$ تقسیم بندی می گردد. به عبارتی تصویر به تعداد Nb بلاک تقسیم بندی شده که هر بلاک مجموعه ای از برداری های ورودی را تشکیل می دهد. فرض می کنیم L برابر با $n \times n$ است؛ بنابراین کتاب-کد شامل Nc کلمه-کد L بعدی است. روش VQ هر بردار ورودی را به یک کلمه-کد نسبت می دهد و کلمه کد در آخر با بردارهای ورودی تخصیص داده شده اش جایگزین می شود تا به هدف فشرده سازی دست یابد.

در سال ۲۰۰۹ الگوریتم کرم شب تاب توسط یانگ ارائه شد [۱۷]. کرم های شب تاب نورهای ریتیمیک و کوتاه تولید می کنند و الگوی نوری هر کدام با یکدیگر متفاوت می باشند. کرم های شب تاب از این نورها به دو منظور استفاده می کنند. ۱. فرآیند جذب جفت ها ۲. برای جذب

چندی سازی برداری معرفی کردند. شماهای یادگیری این روش فواید روش استنتاج فازی، مفهوم چندی سازی برداری پایه و کارایی بهینه سازی ازدحام ذرات خود تطبیقی را باهم ترکیب کرده تا به یک کتاب-کد بهینه دست یابد. شماای ارائه شده از استراتژی خود تطبیقی به منظور کارایی بهتر در سرعت همگرایی و همچنین جلوگیری از گیر کردن در بهینه محلی استفاده می کند. به دلیل شماای یادگیری بهینه سازی ازدحام ذرات خود تطبیقی و توابع عضویت انعطاف پذیر سیستم استنتاج فازی مقدار کارایی و سودمندی این روش در فشرده سازی تصویر مشخص شده است. این روش کارایی بهتری نسبت به روش های LBG پایه و بهینه سازی ازدحام ذرات مبتنی بر فازی دارد.

در سال ۲۰۱۲ مینگ در [۳] مقاله ای تحت عنوان فشرده سازی تصویر به روش چندی سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب تاب ارائه داد. در این الگوریتم راه حل ها که همان کرم های شب تاب هستند به صورت کتاب-کد نمایش داده شده اند. نکته کلیدی تولید یک راه حل با کیفیت بالا، یافتن یک کتاب-کدی است که تابع برآزش را برای تمام بردارهای ورودی بیشینه می کند.

در [۱۱] مؤمنی و همکارانش با استفاده از تئوری صفت بندی سیستم تحت حمله را مدل سازی کردند و مسئله دفاع در برابر حملات SYN-flooding را به یک مسئله بهینه سازی نگاشت دادند. سپس با ارائه یک فیلتر جدید برای حذف نویزهای ضرب های در تصاویر نویزی و ترکیب فیلتر ارائه شده با الگوریتم PSO رهیافت پیشنهادی خود را معرفی کرده و به حل این مسئله پرداختند. نتایج شبیه سازی نشان دادند که مکانیسم دفاعی پیشنهادی از نظر میزان درخواست های بلوکه شده، احتمال موفقیت در برقراری ارتباط، کاهش احتمال موفقیت مهاجم و همچنین استفاده بهینه از بافر اختصاص داده شده دارای کارایی مؤثر است. نقش بندی و همکارانش در [۱۲] با استفاده از الگوریتم تکاملی ژنتیک به حل پخش بار بهینه با در نظر گرفتن توابع هدف مختلف در شرایط احتمالی متفاوت با محوریت قرار دادن قید پایداری سیگنال کوچک پرداختند. هدف نهایی از پخش بار بهینه (OPF) پیدا کردن نقطه کار بهینه در یک سیستم قدرت با در نظر گرفتن محدودیت های موجود است. دو نوع تابع هدف مورد استفاده در این مقاله شامل تابع هدف کمینه کردن هزینه ژنراتورها و تابع هدف امنیت اجتماعی مورد انتظار ضمن برآورده شدن قیود مسئله، به طور مناسبی به وسیله الگوریتم تکاملی ژنتیک بهینه می شوند. استراتژی پیشنهادی قادر به حل مسئله SSSC-OPF و پیدا کردن نقاط قبل و بعد از بروز اختلال می باشد.

چیرانجیوی و همکارانش در [۱۳] یک الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته به نام MFA ارائه دادند. در الگوریتم کرم شب تاب پایه، در صورت یافته نشدن کرم شب تاب درخشنده تر برای حرکت به سمت آن، حرکت کرم شب تاب تصادفی است. روش ارائه شده حرکت کرم های شب تاب پرنورتر به جای حرکت تصادفی، در جهت

پارامتر γ با توجه به تغییرات جذابیت تعیین می‌شود. این پارامتر در تعیین سرعت همگرایی و رفتار الگوریتم کرم شب‌تاب بسیار مؤثر است که در بیشتر کاربردها مقداری بین 0.1 تا 1.0 ، مقداردهی می‌شود. در سال ۲۰۱۲ مینگ در [۳] مقاله‌ای تحت عنوان فشرده‌سازی تصویر به روش چندی‌سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب‌تاب ارائه داد. در این الگوریتم راه‌حل‌ها که همان کرم‌های شب‌تاب هستند به صورت کتاب-کد نمایش داده شدند. نکته کلیدی در تولید یک راه‌حل با کیفیت بالا، یافتن یک کتاب-کد کامل است که تابع برازش را برای تمام بردارهای ورودی بیشینه می‌کند. مراحل الگوریتم به شرح زیر است:

- ۱ - تولید جمعیت اولیه و پارامترهای داده‌شده، در این مرحله راه‌حل‌های اولیه به صورت تصادفی تولید می‌شوند.
- ۲ - انتخاب بهترین راه‌حل فعلی، در این مرحله بهترین راه‌حل از بین تمام راه‌حل‌ها با مقایسه مقدار برازششان انتخاب می‌شود.
- ۳ - حرکت کرم شب‌تاب به سمت کرم شب‌تاب جذاب‌تر، در این مرحله مقدار برازش هر راه‌حل به عنوان مقدار جذابیت کرم شب‌تاب توسط رابطه (۴)، محاسبه می‌شود. برای هر راه‌حل، این مرحله به صورت تصادفی راه‌حل دیگری که جذاب‌تر است را انتخاب کرده و به سوی آن حرکت می‌کند.
- در رابطه (۴)، nb نشان‌دهنده تعداد بلاک‌هایی است که تصویر به آن تقسیم‌بندی شده است. nc تعداد کلمه-کدهای موجود در کتاب-کد را نشان می‌دهد. X_i موقعیت کرم شب‌تاب فعلی و C_j موقعیت کرم شب‌تاب با مقدار برازش بیشتر را نشان می‌دهد.
- ۴ - بررسی شرط خاتمه، این روش به منظور تولید کتاب-کد برای چندی‌سازی برداری ایجاد شده است.

$$fitness = \frac{1}{nb} \sum_{j=1}^{nc} \sum_{i=1}^{nb} \|x_i - c_j\|^2 \quad (4)$$

۴- الگوریتم پیشنهادی

در الگوریتم پیشنهادی کتاب-کد مربوط به روش چندی‌سازی برداری توسط الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته^۱، ایجاد می‌شود. به منظور درک بیشتر این موضوع روند اجرای کلی چندی‌سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته در شکل ۱ ارائه شده است.

شکار. همچنین این نورها می‌توانند به عنوان یک مکانیسم محافظتی برای کرم‌های شب‌تاب باشند. نورهای ریتمیک، نرخ تابیدن نور و میزان فاصله زمانی که بین سیگنال‌های نور وجود دارند باعث می‌شوند که دو جنس به یکدیگر جذب شوند. همچنین شدت نور در فاصله معین r از منبع نور، از قانون مجذور معکوس پیروی می‌کند. گفته می‌شود شدت نور I با افزایش فاصله r کاهش پیدا می‌کند که اصطلاحاً آن را با $I \propto 1/r^2$ نشان می‌دهند. نور می‌تواند به عنوان تابع هدف فرموله شده و به عنوان یک الگوریتم بهینه‌سازی جدید معرفی گردد. سه فرض زیر برای پیاده‌سازی این الگوریتم در نظر گرفته شده است [۱۸، ۱۹].

- همه کرم‌های شب‌تاب، تک جنسیتی هستند و عامل جذب جفت‌ها به یکدیگر بدون در نظر گرفتن جنسیت آن‌ها است.
- جذابیت به نسبت درخشندگی آن‌ها است. پس برای هر جفت کرم شب‌تاب، کرمی که نور کمتری دارد به سمت کرمی که نور بیشتری دارد جذب می‌شود. قدرت جذب به نسبت نور آن‌ها است و با افزایش فاصله بین دو کرم، شدت نور نیز کاهش می‌یابد. اگر کرم شب‌تابی از دیگری نورانی‌تر نباشد حرکت آن‌ها به صورت تصادفی انجام می‌شود.
- درخشندگی کرم‌های شب‌تاب توسط مقدار تابع هدف تعیین می‌شود. برای مسئله بهینه‌سازی، شدت نور می‌تواند به سادگی توسط مقدار تابع هدف تعیین می‌شود.
- میزان جذابیت کرم شب‌تاب نسبی است و به شدت نور دیده‌شده توسط کرم‌های مجاور بستگی دارد. جذابیت کرم‌های شب‌تاب توسط رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\beta(r) = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (1)$$

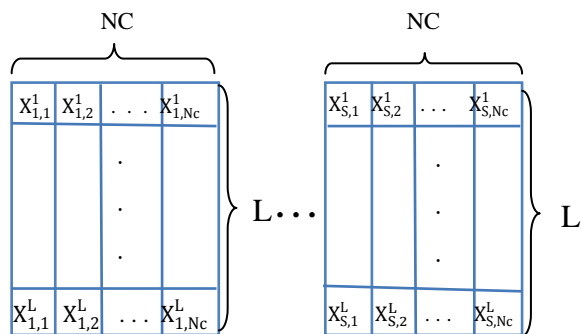
β_0 مقدار جذابیت در فاصله $r = 0$ می‌باشد، وقتی $r = 0$ است و γ نشان‌دهنده مقدار ضریب جذب نور در هوا است. فاصله بین هر دو کرم شب‌تاب i و j در نقطه X_i و X_j می‌تواند به صورت فاصله کارترین طبق رابطه (۲) نشان داده شود.

$$r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (2)$$

به طوری که $x_{i,k}$ ، k امین بخش از مختصات فضایی (X_i) کرم شب‌تاب i است. حرکت و جذب کرم شب‌تاب i به کرم شب‌تاب j که درخشان‌تر است به کمک رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$x_i = x_i + \beta_0 e^{-\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha(\text{rand} - 1/2) \quad (3)$$

در رابطه (۳) جمله اول نشان‌دهنده موقعیت فعلی کرم شب‌تاب i ، جمله دوم فرآیند جذب و جمله سوم، جمله تصادفی‌ساز است که توسط پارامتر تصادفی ساز α این کار انجام می‌گردد. rand یک عدد تصادفی است که با استفاده از توزیع یکنواخت بین $[0, 1]$ به دست می‌آید. β_0 نشان‌دهنده میزان جذابیت در منبع نور است. در بیشتر موارد در پیاده‌سازی می‌توان $\beta_0 = 1$ و $\alpha \in [0, 1]$ در نظر بگیریم.



شکل ۲: ساختار راه حل ها یا جمعیت اولیه الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته

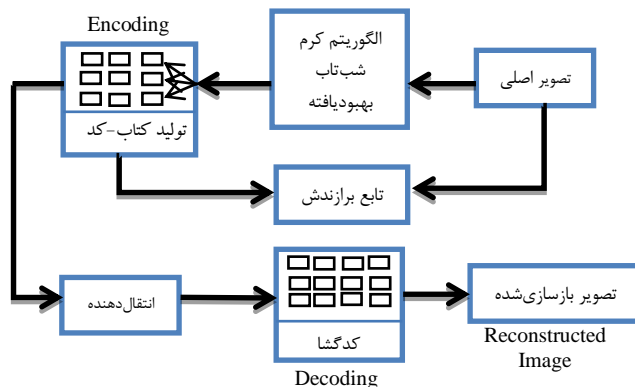
مرحله ۲: انتخاب بهترین راه حل فعلی: در این مرحله به کمک تابع برازش که در رابطه (۴) آمده است، بهترین راه حل از میان تمام راه حل ها انتخاب می شود. به عبارتی راه حلی که بیشترین مقدار برازش را دارد پیدا شده و به کمک روابط (۵) و (۶) تعریف می شود. در رابطه (۵) i^{max} اندیس بهترین راه حل فعلی و در رابطه (۶) x_i^{max} موقعیت بهترین راه حل فعلی را نشان می دهند.

$$i^{max} = \arg \max_i Fitness(x_i) \quad (5)$$

$$x_i^{max} = \arg \max_{x_i} Fitness(x_i) \quad (6)$$

مرحله ۳: حرکت کرم های شب تاب به سمت کرم شب تاب درخشان تر میزان درخشندگی و جذابیت کرم های شب تاب توسط تابع برازش بدست می آید. در مرحله سه، کرم شب تاب x_i به سمت کرم شب تاب جذاب تر حرکت می کند. حرکت کرم های شب تاب به گونه ای است که کرم شب تاب کم نورتر به سمت کرم شب تاب درخشان تر حرکت کرده و اگر هر دو کرم شب تاب درخشندگی یکسانی داشته باشند این حرکت به صورت تصادفی صورت می گیرد. این مرحله شامل چهار بخش زیر است:

- انتخاب: ابتدا مقدار برازش تمام راه حل ها (کرم های شب تاب) محاسبه می گردد. سپس با مقایسه مقدار برازش کرم شب تاب i با تمامی کرم های شب تاب، کرم های شب تابی که تابع برازش بیشتری از کرم شب تاب i دارند تعیین می شوند. پس از آن به کمک چرخ رولت دو راه حل از بین آن ها انتخاب می گردند (به نام های s_1 و s_2).
- ترکیب: به کمک عملگر ترکیب دو نقطه ای، دو راه حل انتخاب شده s_1 و s_2 ترکیب و دو راه حل جدید تولید می شوند (به نام های c_1 و c_2). با توجه به شکل ۳ روند اجرای عملیات به این صورت است که ابتدا به صورت تصادفی دو اندیس به نام های P_1 و P_2 انتخاب می شوند و جابجایی برش ها صورت می گیرد.



شکل ۱: روند اجرای کلی چندی سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته

با توجه به شکل ۱، تصویر اصلی به عنوان بردارهای آموزشی به الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته، داده می شود. الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته به دنبال یافتن جوابی است که دارای تابع برازش مناسبی باشد. این جواب همان کتاب-کد بهینه است. در مرحله بعد نوبت به عملیات کدگشایی می رسد. با اعمال کتاب-کد در بردارهای آموزشی عملیات کدگشایی صورت می گیرد و در نتیجه تصویر بازسازی شده بدست می آید. روش های مختلفی برای بهبود الگوریتم کرم شب تاب ارائه شده است. در این مقاله به منظور بهبود الگوریتم کرم شب تاب افزایش قدرت جستجوی سراسری آن، از عملگر ترکیب دو نقطه ای ژنتیک استفاده شده است.

الگوریتم کرم شب تاب بر روی مجموعه ای از جواب ها (کرم های شب تاب) به نام جمعیت کار می کند. همان طور که در شکل ۲ می بینید، در این الگوریتم جواب ها در قالب کتاب-کد نمایش داده می شوند. تابع برازش نیز با استفاده از رابطه (۴) مورد استفاده قرار می گیرد. مراحل چندی سازی برداری مبتنی بر الگوریتم کرم شب تاب بهبود یافته به صورت زیر است.

مرحله ۱: تولید جمعیت اولیه و مقداردهی پارامترها: در الگوریتم کرم شب تاب جمعیت اولیه شامل تعدادی کرم شب تاب است. همان طور که گفته شد هر کرم شب تاب نمایانگر یک راه حل یا جواب است. در این مرحله جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید می شود. تعداد راه حل ها با S نشان داده می شود. همچنین مقادیر پارامترهای β_0 ، α ، مقدار بیشترین تکرار t_{max} ، شماره تکرار K و γ تعیین می شود. شکل ۲ نمای کلی از ساختار جمعیت اولیه در الگوریتم پیشنهادی را نشان می دهد. $X_{i,j}$ نشان دهنده زمین کلمه-کد از کتاب-کد X_i است. اولین راه حل در جمعیت اولیه با X_1 تعریف شده است و X_S آخرین راه حل از جمعیت اولیه است. هر کرم شب تاب یا راه حل کتاب-کدی با تعداد NC کلمه-کد L بعدی است.

۵- نتایج پیاده‌سازی

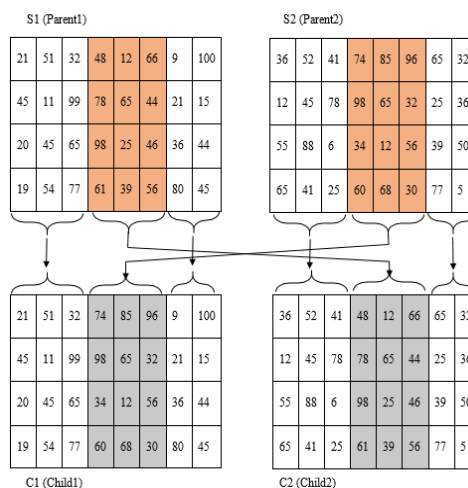
برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی به منظور تولید کتاب-کد از سه تصویر خاکستری ۵۱۲*۵۱۲ پیکسلی با نام‌های Lena، Peppers و Baboon با وضوح دامنه ۸ بیتی در شکل ۶ استفاده شده است.

در مرحله کدگذاری تصویر، تصویر به طور کامل به بلاک‌های غیرهمپوش ۴*۴ پیکسلی تقسیم‌بندی گردید. هر بلاک به‌عنوان یک الگوی بردار ورودی با ۱۶ بعد عمل می‌کند؛ بنابراین تعداد ۱۶۳۸۴ بردار برای کدگذاری تصویر وجود دارد. در آزمایش‌ها هشت کتاب-کد مختلف با اندازه‌های ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸ و ۲۵۶ پیاده‌سازی شدند. روش الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته با چهار الگوریتم دیگر به نام‌های GA، FA، PSO و MFA مقایسه شده است. الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته ارائه شده در [۱۳] می‌باشد. برنامه‌نویسی پنج الگوریتم با زبان متلب ۲۰۱۳ بر روی کامپیوتر شخصی با ۲/۵ GHz CPU و G4 RAM اجرا شده در سیستم ویندوز ده طراحی شده است. تعداد راه‌حل‌های اولیه (کرم‌های شب‌تاب) ۱۰۰ و تعداد تکرارها ۵۰ در نظر گرفته شده است. جدول‌های ۱ الی ۳ پارامترهای استفاده شده در الگوریتم‌های GA، PSO، FA و ModifiedFA را نشان می‌دهند.

1. Select P_1 & P_2 randomly;
2. Crossover operator:
3. $c_1 = [s_1(:,1:P_1-1) \ s_2(:,P_1:P_2-1) \ s_1(:,P_2:end)]$;
4. $c_2 = [s_2(:,1:P_1-1) \ s_1(:,P_1:P_2-1) \ s_2(:,P_2:end)]$;
5. end

شکل ۳: شبه کد عملگر ترکیب دو نقطه‌ای

در شکل ۴ یک مثال برای عملگر ترکیب دو-نقطه ای آورده شده است. در ابتدا دو اندیس به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و سپس جایجایی برش‌ها صورت می‌گیرد.



شکل ۴: مثالی از عملیات ترکیب دو-نقطه‌ای

- نخبه‌کشی: در نهایت از بین چهار راه‌حل تولید شده s_1 ، s_2 ، c_1 و c_2 به کمک روش نخبه‌کشی بهترین آن‌ها که دارای مقدار برازش بیشتری است، انتخاب می‌گردد.
- حرکت: کرم شب‌تاب i به سمت راه‌حل تعیین شده در مرحله نخبه‌کشی، حرکت می‌کند. رابطه (۲) فاصله اقلیدسی بین دو کرم شب‌تاب و رابطه (۳) تابع حرکت کرم‌های شب‌تاب بهبودیافته را نشان می‌دهد.

مرحله ۴: بررسی شرط خاتمه: بررسی شرط خاتمه الگوریتم، الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته پس از رسیدن به تعداد تکرار تعیین شده (MCL) خاتمه می‌یابد و یک جواب به دست می‌آید. در صورت نرسیدن تکرار به حد نصاب به شماره تکرار (K) یک واحد افزوده شده و به صورت تصادفی بهترین راه‌حل حرکت داده می‌شود و به مرحله دو برمی‌گردد. بهترین راه‌حل بر اساس رابطه (۷) به صورت تصادفی حرکت می‌کند. $U_{i^{max}}$ یک مقدار تصادفی بین صفر و یک است.

$$x_{i^{max}} \leftarrow x_{i^{max}} + U_{i^{max}} \quad (7)$$

شبه کد الگوریتم کرم شب‌تاب مبتنی بر عملگر ترکیب در شکل ۵ آمده است. پس از اتمام الگوریتم کرم شب‌تاب بهبودیافته از جواب آن به‌عنوان کتاب-کد بهینه روش چندی‌سازی برداری برای عملیات کدگشایی و دوباره‌سازی تصویر استفاده می‌شود.

جدول ۱: پارامترهای استفاده شده در الگوریتم PSO

پارامتر	توضیح	مقدار
S	تعداد ذرات	100
V	سرعت های تصادفی	[-1,1]
Iter	تعداد تکرارها	50
1ϕ	ضریب شناختی	2.1
2ϕ	ضریب شناختی	2.0
ϕ	$1+\phi 2\phi$	4.1
K	$K = \frac{2}{ 2\phi - \sqrt{\phi^2 - 4\phi} }$	0.729
C1	$1 * K\phi$	1.5309
C2	$2 * K\phi$	1.458

جدول ۲: پارامترهای استفاده شده در الگوریتم GA

پارامتر	توضیح	مقدار
S	تعداد ذرات	100
Iter	تعداد تکرارها	50
pc	درصد ترکیب	0.9
pm	درصد جهش	0.2
ncross	r	90
nmut	r	20

جدول ۳: پارامترهای استفاده شده در الگوریتم FA و ModifiedFA

پارامتر	توضیح	مقدار
S	تعداد ذرات	100
Iter	تعداد تکرارها	50
α	ضریب جهش	0.01
0β	مقدار اولیه ضریب جاذبیت	1.0
γ	ضریب جذب نور	1.0

نرخ بیت به صورت رابطه (۸) تعریف می شود.

$$bit_rate = \frac{\log_2 NC}{L} \quad (8)$$

که NC اندازه کتاب-کد طراحی شده و L تعداد پیکسل های بلاک را نشان می دهد. همچنین کیفیت تصویر کدگذاری شده توسط رابطه (۹) محاسبه می گردد و معرفی کننده PSNR است.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{(h-1)*(w-1)}{MSE} \right) \quad (9)$$

h و w نشان دهنده اندازه طول و عرض تصویر هستند. MSE خطای مربع میانگین بین تصویر اصلی و تصویر بازسازی شده است و توسط رابطه (۱۰) تعریف می شود.

$$MSE = \frac{1}{h*w} \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (y_{ij} - \bar{y}_{ij})^2 \quad (10)$$

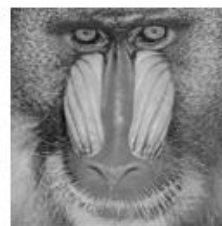
h×w اندازه تصویر، y_{ij} و \bar{y}_{ij} مقدار پیکسلی در موقعیت (i,j) تصویر اصلی و تصویر بازسازی شده هستند.

1. Firefly algorithm based on Genetic operators:
2. Begin
3. Initialization:
4. Objective function $f(x)$, $x = (x_1, \dots, x_n)_T$
5. Generate initial population of fireflies, $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$
6. Light intensity I_i at x_i is determined by $f(x_i)$
7. Define light absorption coefficient γ
8. $k = 1$
9. Movement:
10. While ($k < MCL$)
11. for $j = 1 : \text{no. fireflies}$
12. for $i = 1 : \text{no. fireflies}$
13. find fireflies ($I_j > I_i$),
14. choose two fireflies j within roulette wheel and define s_1, s_2 ;
15. Apply two-point crossover between s_1, s_2 and define as c_1, c_2 ;
16. Select the best firefly as V among s_1, s_2, c_1, c_2 ;
17. Attractiveness varies with distance r via $e^{-\gamma r}$
18. Evaluate new solutions and update light intensity
19. end for i
20. end for j
21. Rank the fireflies and find the current best
22. $k = k + 1$;
23. End while
24. Postprocess results and visualization

شکل ۴: شبه کد الگوریتم کرم شب تاب مبتنی بر عملگر ترکیب



Lena (ب)



Baboon (الف)



Pepper (ج)

شکل ۵: تصاویر آموزشی

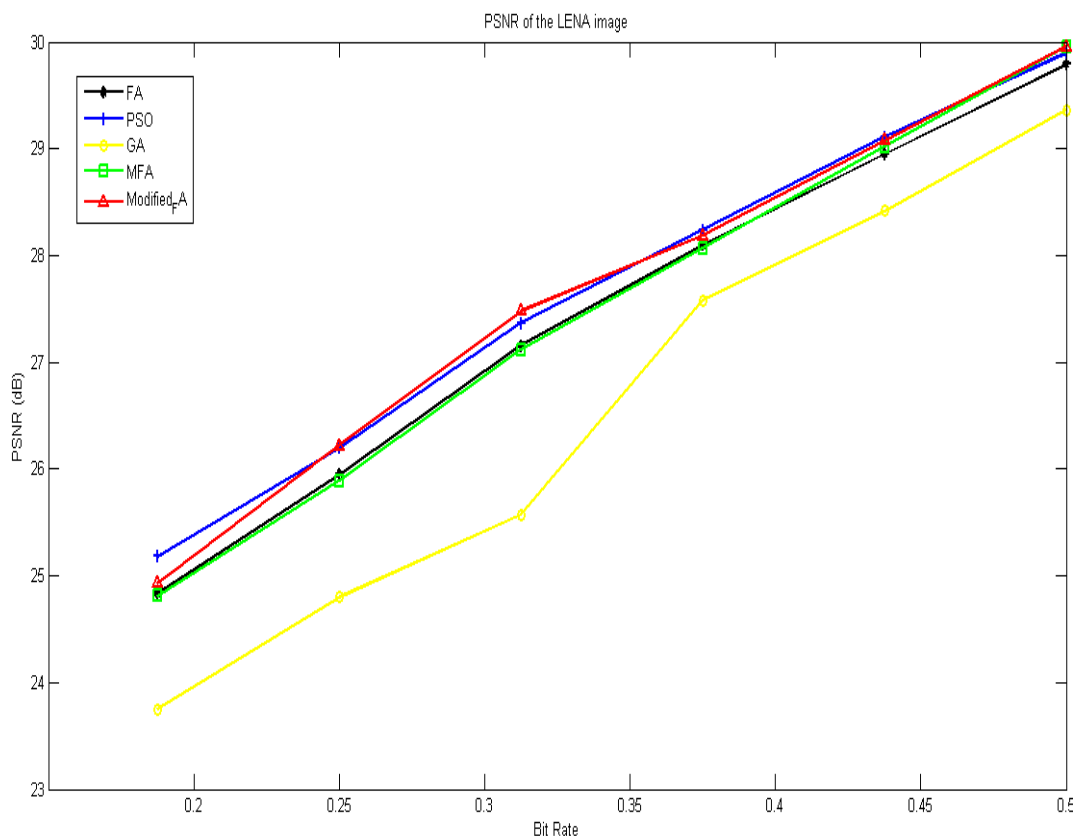
شکل ۹ میانگین PSNR را در تصویر Peppers نشان می‌دهد. مشابه تصاویر قبلی بدترین میانگین PSNR متعلق به الگوریتم ژنتیک و بهترین میانگین PSNR مربوط به الگوریتم PSO است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش نرخ بیت نتایج الگوریتم ModifiedFA به الگوریتم PSO نزدیک‌تر می‌شوند و هدف بهبود الگوریتم FA پایه توسط الگوریتم ModifiedFA نیز برقرار است.

به طور کلی بررسی شکل‌های ۷-۹ بیان‌کننده قدرت بالای الگوریتم PSO در بازسازی تصویر با کیفیت بالاتر است. دلیل قدرتمندی الگوریتم PSO نسبت به بقیه الگوریتم‌های نام برده، داشتن دو پارامتر مهم به نام‌های بهینه محلی و بهینه سراسری می‌باشد. این در حالی است که الگوریتم‌های GA، FA، MFA و ModifiedFA تنها دارای پارامتر بهینه سراسری هستند. نتایج نشان دادند که با افزایش اندازه کتاب‌کد PSNR الگوریتم پیشنهادی ModifiedFA تقریباً نزدیک به اندازه PSNR الگوریتم PSO می‌شود.

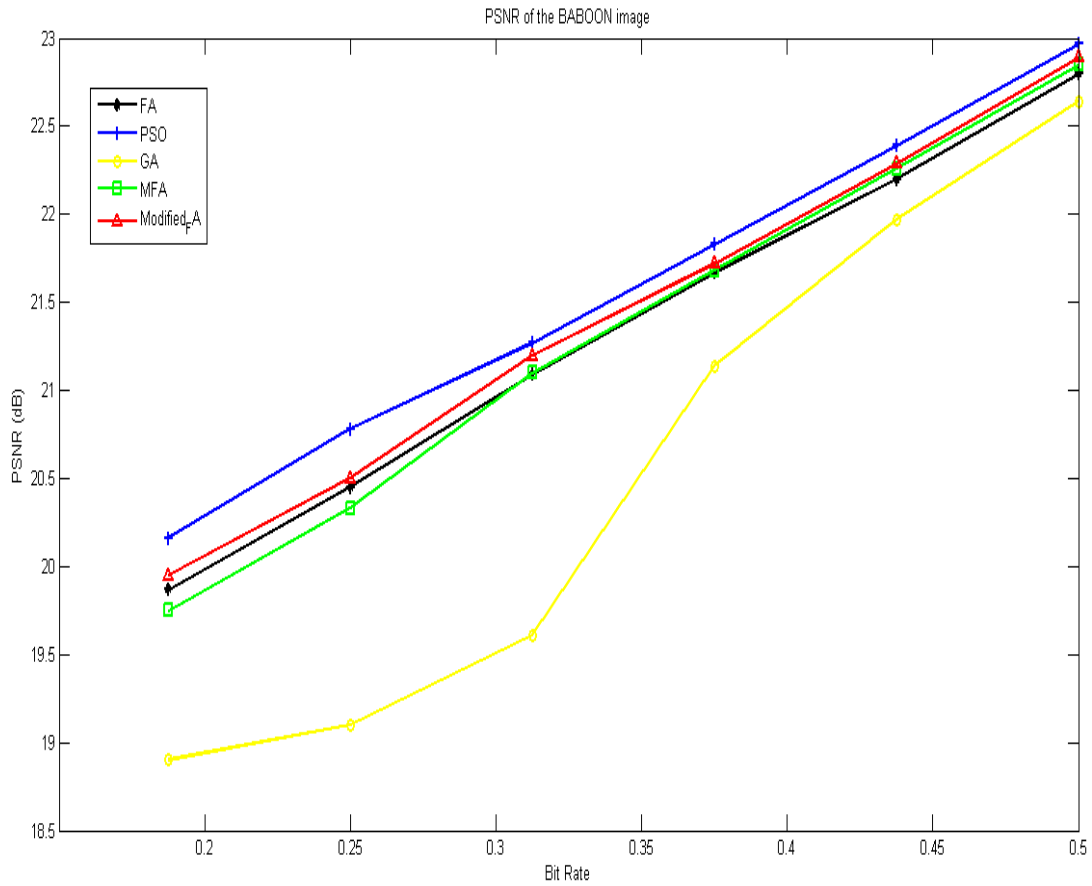
میانگین مقادیر برازش مربوط به سه تصویر، توسط چهار الگوریتم ذکر شده در شکل‌های ۱۰-۱۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که برازش سه تصویر آزمایشی اجرا شده توسط الگوریتم PSO بیشتر از چهار الگوریتم دیگر است. کمترین مقدار برازش تصاویر مربوط به الگوریتم GA می‌باشد. علاوه بر آن، با بررسی سه تصویر مشاهده می‌شود که مقدار برازش الگوریتم ModifiedFA بیشتر از الگوریتم FA پایه و MFA است.

در آزمایش‌ها پنج الگوریتم پیاده‌سازی و هرکدام ده بار اجرا شدند. شکل‌های ۷-۹ میانگین مقدار PSNR مربوط به هر تصویر آزمایشی را نشان می‌دهند. در ادامه نتایج هر تصویر به‌طور کامل بررسی می‌گردد. نتایج شکل ۷ نشان می‌دهد که در تصویر Lena بدترین میانگین PSNR مربوط به الگوریتم GA است. الگوریتم‌های ModifiedFA و PSO تقریباً عملکردی مشابه یکدیگر دارند و بیشترین میانگین PSNR را دارا می‌باشند. همچنین با بررسی این نتایج، مشاهده می‌شود که الگوریتم ModifiedFA دارای میانگین PSNR بالاتری نسبت به الگوریتم FA پایه و MFA است. بنابراین تصویر بازسازی شده Lena توسط الگوریتم پیشنهادی ModifiedFA دارای کیفیت بهتری نسبت به الگوریتم FA پایه و MFA می‌باشد.

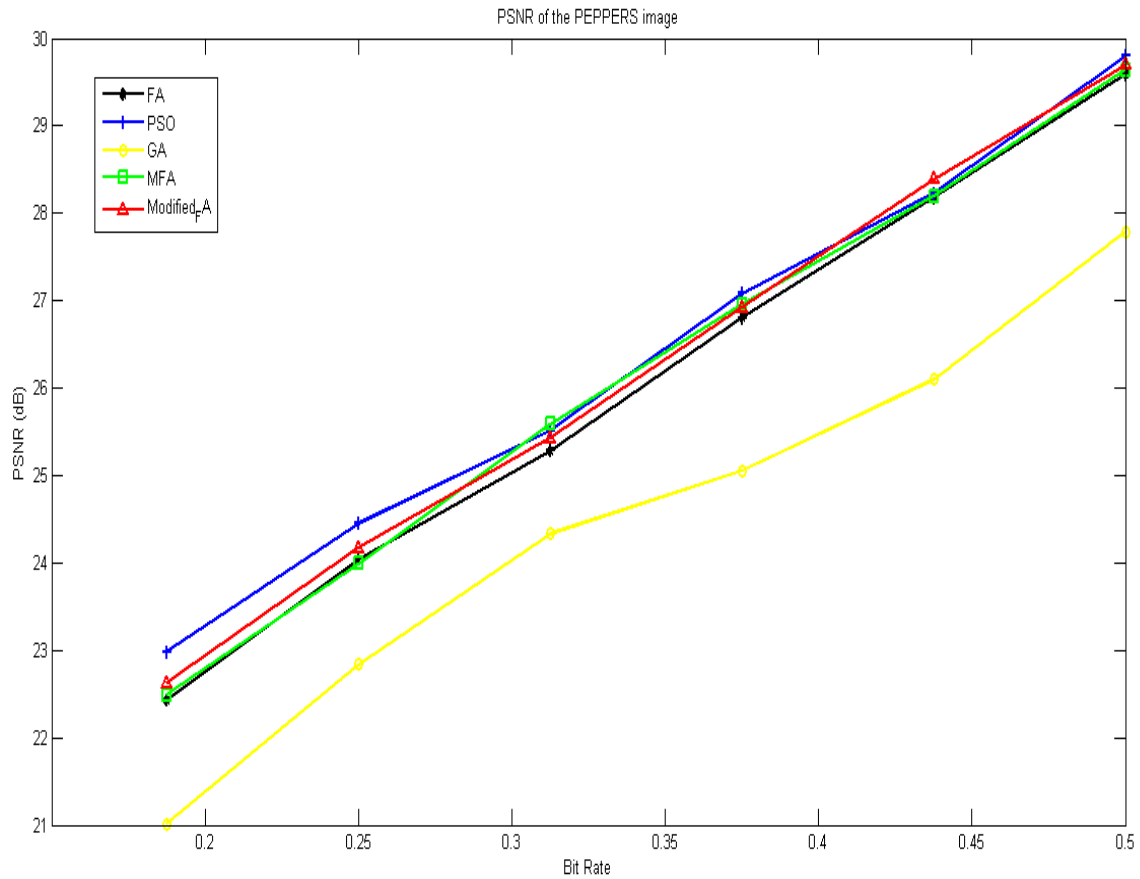
همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است بدترین میانگین PSNR در تصویر Baboon مشابه تصویر Lena متعلق به الگوریتم GA است. علاوه بر آن، الگوریتم PSO دارای بهترین میانگین PSNR نسبت به سه الگوریتم دیگر است. با توجه به میانگین PSNR در دو الگوریتم FA و MFA مشاهده می‌شود اگرچه الگوریتم MFA بهبود ناچیزی در الگوریتم FA پایه ایجاد کرده است اما تقریباً دو الگوریتم عملکردی مشابه هم دارند. این در حالی است که الگوریتم ModifiedFA بهتر از دو الگوریتم FA و MFA عمل کرده و PSNR بالاتری را دارا می‌باشد.



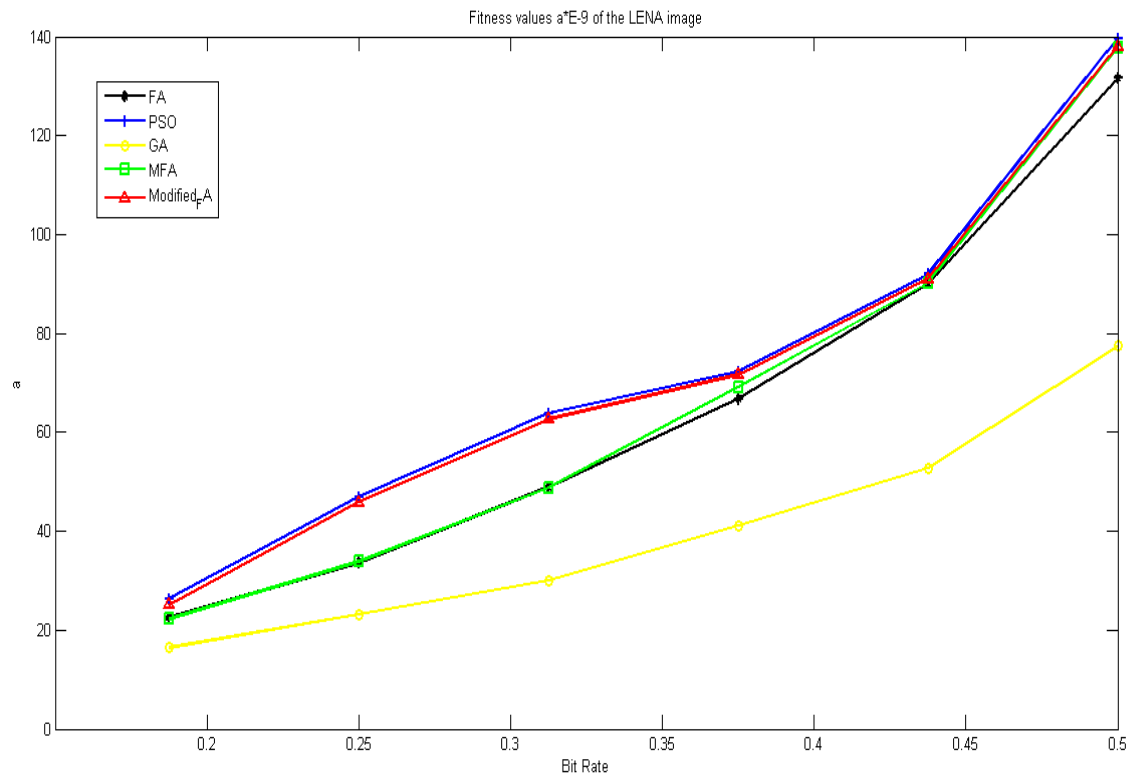
شکل ۶: میانگین PSNR تصویر Lena در پنج روش چندی‌سازی مختلف



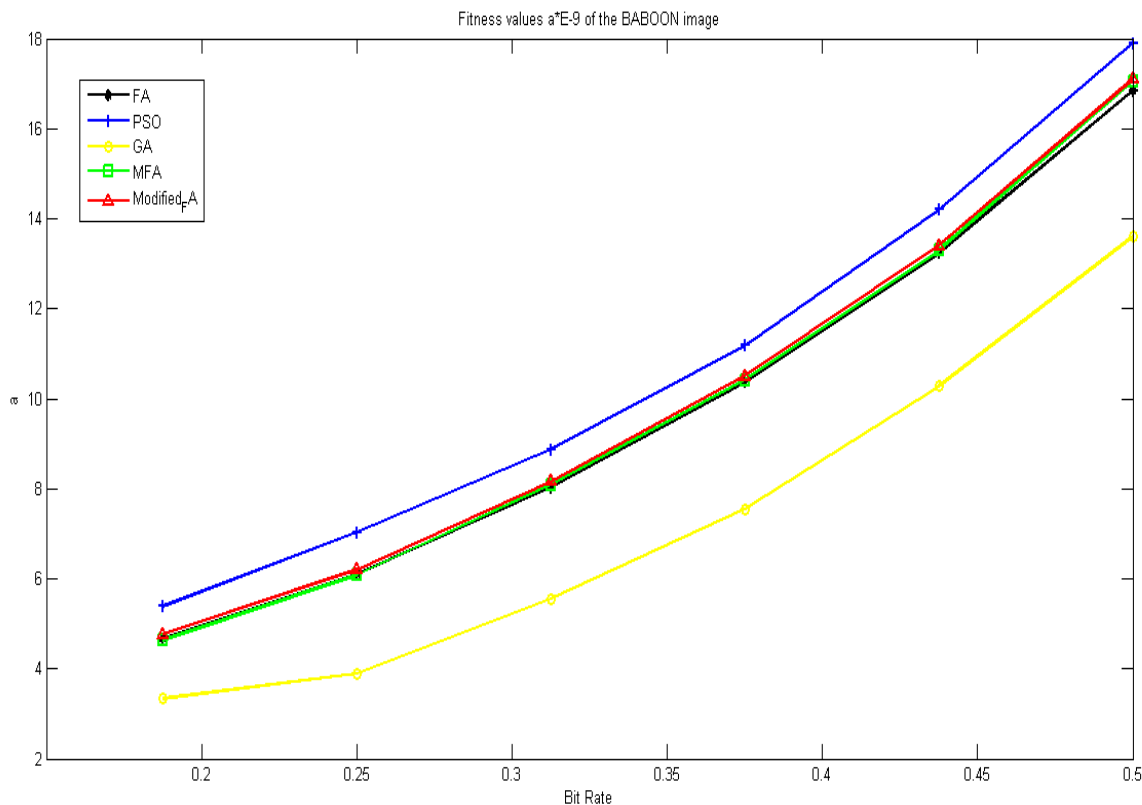
شکل ۷: میانگین PSNR تصویر Baboon در پنج روش چندی‌سازی مختلف



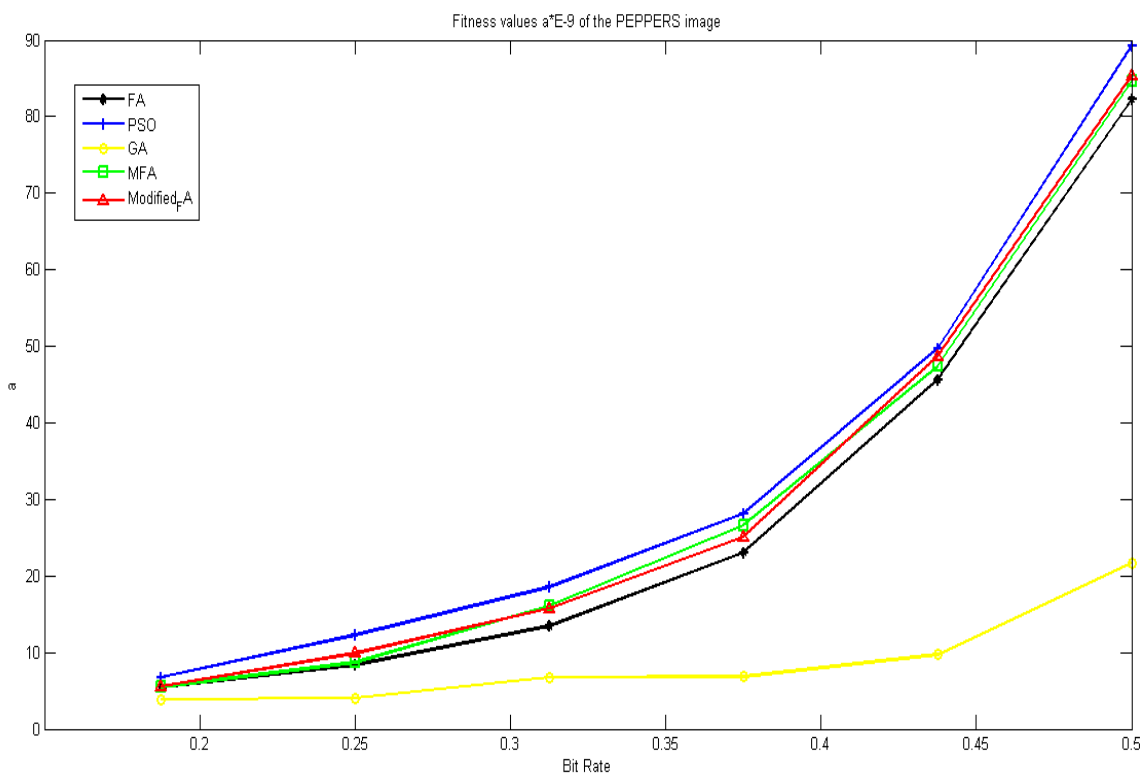
شکل ۸: میانگین PSNR تصویر Peppers در پنج روش چندی‌سازی مختلف



شکل ۹: میانگین مقادارهای برازش (a*10⁻⁹) تصویر Lena در پنج روش چندی‌سازی مختلف



شکل ۱۰: میانگین مقدارهای برازش (a $\times 10^{-9}$) تصویر Baboon در پنج روش چندی‌سازی مختلف



شکل ۱۱: میانگین مقدارهای برازش (a $\times 10^{-9}$) تصویر Peppers در پنج روش چندی‌سازی مختلف

نشان می‌دهند. نتایج نشان دادند که الگوریتم‌های PSO، GA و FA تقریباً دارای زمان انجام محاسبات یکسانی هستند. الگوریتم MFA

جدول‌های ۴ الی ۹، میانگین زمان‌های محاسباتی سه تصویر را توسط پنج روش چندی‌سازی برداری مختلف با نرخ بیت‌های مختلف

جدول ۹: میانگین زمان محاسباتی تصاویر آزمایشی مبتنی بر چهار الگوریتم مختلف با نرخ بیت = ۰/۵

میانگین زمان محاسباتی (ثانیه)					اندازه کتاب کد	Lena
Modified-FA	MFA	FA	GA	PSO		
۳۷۹/۱	۱۵۱/۱	۱۲۹/۲	۱۳۰/۵	۱۲۸/۸	۲۵۶	Lena
۳۷۸/۸	۱۵۵/۲	۱۲۹/۳	۱۳۲/۲	۱۲۶/۶	۲۵۶	Baboon
۳۷۸/۹	۱۶۵/۱	۱۳۰/۱	۱۳۴/۲	۱۲۷/۱	۲۵۶	Peppers

به طور کلی سربار اصلی در روش چندی سازی برداری محاسبه مقدار برازش می باشد. محاسبه برازش عملی زمان بر است. در الگوریتم های PSO، GA و FA پیچیدگی محاسباتی تقریباً یکسان است. اگر این پیچیدگی محاسباتی $O(n^2)$ در نظر گرفته شود، در الگوریتم ModifiedFA به دلیل نیاز به محاسبه چندین باره مقدار برازش، پیچیدگی زمانی برابر با $O(4n^2)$ است و نشان دهنده زمان اجرای بالای الگوریتم ModifiedFA می باشد که حدوداً سه برابر بیشتر از الگوریتم های PSO، GA و FA است. الگوریتم MFA به دلیل شرطی شدن حرکت تصادفی آن دارای زمان اجرای متغیری می باشد. در بهترین حالت پیچیدگی محاسباتی مشابه الگوریتم FA پایه $O(n^2)$ دارد. در بدترین حالت پیچیدگی محاسباتی آن $O(2n^2)$ است و در حالت میانگین برابر $O(1.5n^2)$ است.

در ادامه شکل های ۱۵-۱۳ نتایج فشرده سازی سه تصویر Lena، Baboon و Peppers توسط الگوریتم های PSO، GA، FA، MFA و ModifiedFA با اندازه کتاب کد ۲۵۶ ارائه شده است. با بررسی تصاویر مشاهده می شود که الگوریتم های PSO و ModifiedFA تصاویر بازسازی شده با کیفیت تری را تولید کردند.

۶- نتیجه و کارهای آینده

در این مقاله الگوریتم ModifiedFA بر پایه عملگر ژنتیکی ترکیب برای چندی سازی برداری ارائه شد. برای ارزیابی کارایی الگوریتم پیشنهادی، این الگوریتم با چهار الگوریتم PSO، GA، FA و MFA مقایسه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، الگوریتم PSO بهتر از بقیه الگوریتم ها عمل می کند. علت قدرتمندی الگوریتم PSO نسبت به بقیه الگوریتم ها داشتن قابلیت بهینه محلی و بهینه سراسری آن است. که با بهینه سازی بیشتر نتایج، جواب بهتری را ارائه می دهد. با افزایش اندازه کتاب کد دو الگوریتم ModifiedFA و PSO رفتار مشابهی نسبت به هم نشان می دهند. الگوریتم GA نسبت به چهار روش دیگر عملکرد ضعیف تری دارد. این نشان می دهد که ماهیت تصادفی الگوریتم ژنتیک باعث عملکرد ضعیف آن در بازسازی یک تصویر با کیفیت می شود. الگوریتم MFA بهتر از الگوریتم FA پایه عمل می کند اما در مقایسه با الگوریتم ModifiedFA عملکرد ضعیف تری دارد. به طور کلی نتایج نشان دهنده توانایی بالای الگوریتم پیشنهادی ModifiedFA در افزایش کیفیت تصویر بازسازی شده نسبت به الگوریتم FA پایه، MFA

زمان محاسبات کمتری نسبت به الگوریتم ModifiedFA دارد و نیاز به زمان محاسباتی در اجرای الگوریتم ModifiedFA از همه بیشتر است.

جدول ۴: میانگین زمان محاسباتی تصاویر آزمایشی مبتنی بر چهار الگوریتم مختلف با نرخ بیت = ۰/۱۸۷۵

میانگین زمان محاسباتی (ثانیه)					اندازه کتاب کد	Lena
Modified-FA	MFA	FA	GA	PSO		
۱۳/۲۶	۵/۲۳	۴/۶۹	۴/۷۹	۴/۵۹	۸	Lena
۱۲/۸۹	۶/۱۰	۴/۷۶	۴/۸۲	۴/۷۱	۸	Baboon
۱۳/۰۱	۴/۵۹	۴/۷۳	۴/۸۴	۴/۶۶	۸	Peppers

جدول ۵: میانگین زمان محاسباتی تصاویر آزمایشی مبتنی بر چهار الگوریتم مختلف با نرخ بیت = ۰/۲۵

میانگین زمان محاسباتی (ثانیه)					اندازه کتاب کد	Lena
Modified-FA	MFA	FA	GA	PSO		
۲۵/۶۰	۱۰/۱۱	۹/۸۹	۹/۰۴	۸/۷۳	۱۶	Lena
۲۵/۴۶	۱۱/۰۲	۸/۹۰	۹/۰۱	۸/۶۱	۱۶	Baboon
۲۵/۵۵	۱۲/۱۰	۸/۸۰	۹/۱۰	۸/۷۴	۱۶	Peppers

جدول ۶: میانگین زمان محاسباتی تصاویر آزمایشی مبتنی بر چهار الگوریتم مختلف با نرخ بیت = ۰/۳۱۲۵

میانگین زمان محاسباتی (ثانیه)					اندازه کتاب کد	Lena
Modified-FA	MFA	FA	GA	PSO		
۵۰/۲۳	۲۱/۳۲	۱۷/۰۰	۱۷/۵۱	۱۶/۵۲	۳۲	Lena
۵۰/۲۰	۲۲/۱۰	۱۷/۲۱	۱۷/۶۶	۱۶/۶۶	۳۲	Baboon
۵۰/۱۲	۲۲/۲۱	۱۷/۲۰	۱۷/۶۹	۱۶/۶۹	۳۲	Peppers

جدول ۷: میانگین زمان محاسباتی تصاویر آزمایشی مبتنی بر چهار الگوریتم مختلف با نرخ بیت = ۰/۳۷۵

میانگین زمان محاسباتی (ثانیه)					اندازه کتاب کد	Lena
Modified-FA	MFA	FA	GA	PSO		
۹۹/۳۷	۳۸/۵۴	۳۲/۰۸	۳۴/۳۲	۳۲/۳۵	۶۴	Lena
۹۹/۲۰	۳۹/۱۱	۳۲/۷۴	۳۴/۶۸	۳۲/۸۳	۶۴	Baboon
۹۹/۱۴	۳۹/۱۶	۳۲/۰۹	۳۴/۳۱	۳۲/۸۶	۶۴	Peppers

جدول ۸: میانگین زمان محاسباتی تصاویر آزمایشی مبتنی بر چهار الگوریتم مختلف با نرخ بیت = ۰/۴۳۷۵

میانگین زمان محاسباتی (ثانیه)					اندازه کتاب کد	Lena
Modified-FA	MFA	FA	GA	PSO		
۱۹۵/۹۵	۷۹/۲۱	۶۵/۰۱	۶۷/۰۶	۶۴/۷۴	۱۲۸	Lena
۱۹۴/۹۹	۸۰/۶۱	۶۵/۷۸	۶۷/۹۶	۶۳/۸۷	۱۲۸	Baboon
۱۹۵/۲۱	۸۵/۲۳	۶۴/۵۶	۶۸/۱۵	۶۴/۳۵	۱۲۸	Peppers

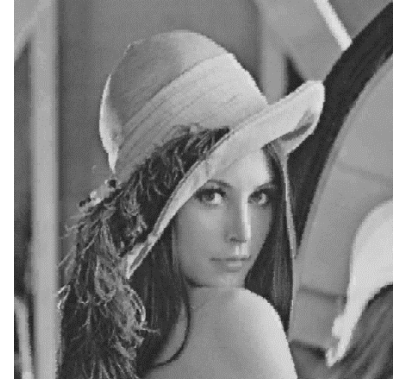
و GA است و کیفیت تصویر فشرده شده را نسبت به الگوریتم کرم شب تاب پایه حدود یک درصد، افزایش می دهد. با توجه به اینکه زمان محاسبات الگوریتم پیشنهادی ModifiedFA بیشتر از سایر روش هاست، در کارهای آینده برای افزایش سرعت آن، موازی سازی الگوریتم پیشنهادی، دنبال می شود.



الف) تصویر اصلی Lena



ب) الگوریتم PSO



ج) الگوریتم GA



د) الگوریتم FA

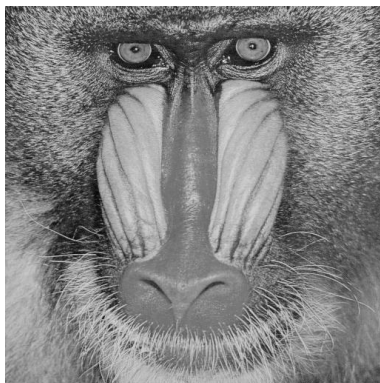


ه) الگوریتم MFA

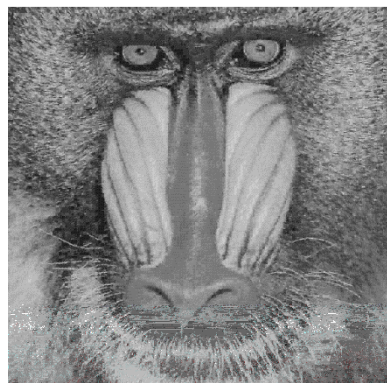


و) الگوریتم MFA

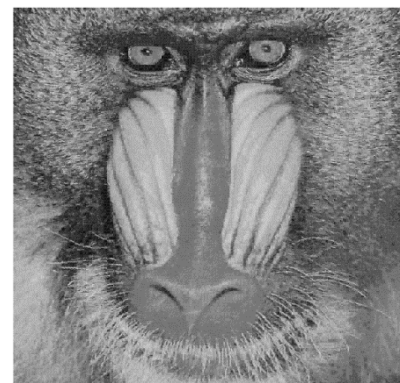
شکل ۱۲: تصاویر بازسازی شده Lena مبتنی بر الگوریتم های PSO، GA، FA، MFA و ModifiedFA



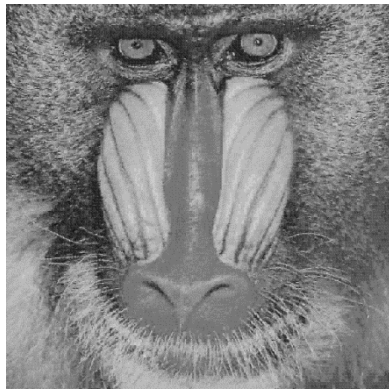
الف) تصویر اصلی Baboon



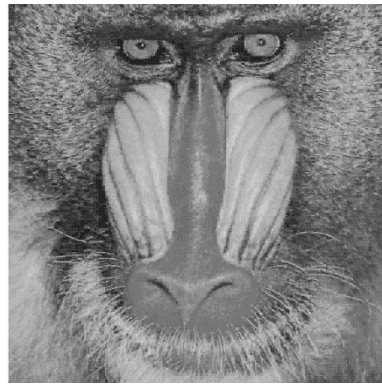
ب) الگوریتم PSO



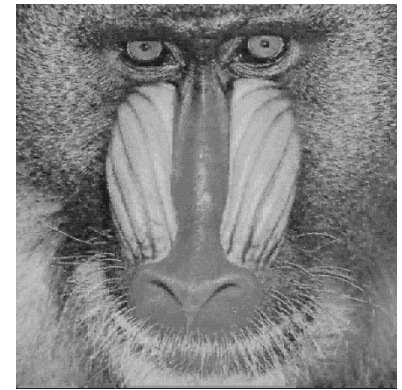
ج) الگوریتم GA



د) الگوریتم FA



ه) الگوریتم MFA

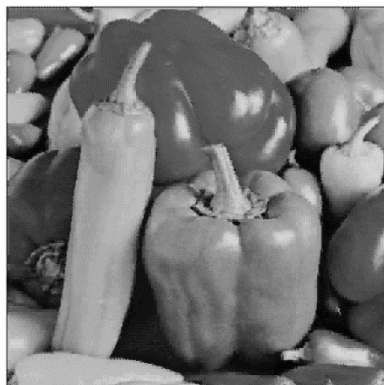


و) الگوریتم ModifiedFA

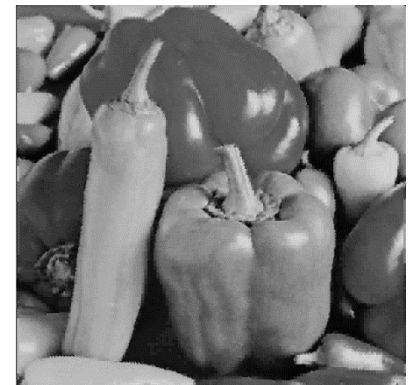
شکل ۱۳: تصاویر بازسازی شده Baboon مبتنی بر الگوریتم‌های PSO، GA، FA، MFA و ModifiedFA



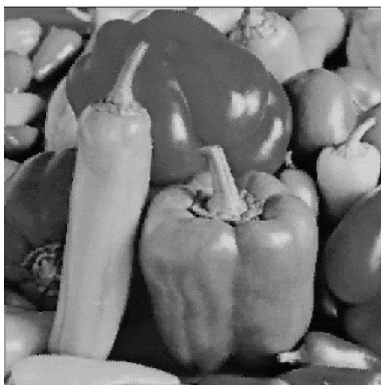
الف) تصویر اصلی Peppers



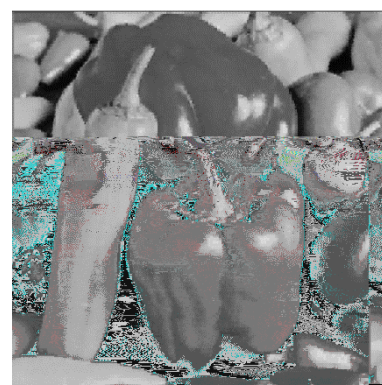
ب) الگوریتم PSO



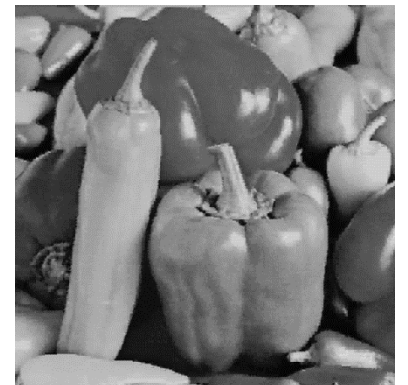
ج) الگوریتم GA



د) الگوریتم FA



ه) الگوریتم MFA



و) الگوریتم ModifiedFA

شکل ۱۴: تصاویر بازسازی شده Peppers مبتنی بر الگوریتم‌های PSO، GA، FA، MFA و ModifiedFA

- [4] K. Sayood, *Data Compression*. Nebraska: Morgan Kaufmann is an Imprint of Elsevier, 2006.
- [5] M. Rehman, M. Sharif, and M. Raza, "Image compression: a survey," *Engineering and Technology*, vol. 7, pp. 656-672, 2014.
- [6] H. B. Kekre, M. Tanjua, and K. Sarode, "Vector quantized codebook optimization using k-means," *International Journal on Computer Science and Engineering*, vol. 3, pp. 283-290, 2009.
- [7] S. A. Salman, "Image compression using vector quantization and genetic algorithms," *Anbar Journal for Engineering Sciences*, vol. 1, pp. 45-58, 2007.
- [8] P. Fränti, "Genetic algorithm with deterministic crossover for vector quantization," *Pattern Recognition Letters*, vol. 21, pp. 61-68, 2000.

مراجع

- [1] C. C. Chang, Li, T. C., & Yeh, J. B., "Fast codebook search algorithms based on the tree-structured vector quantization," *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, pp. 1077-1086, 2006.
- [2] T. S. Chen, & Chang, C. C., "Diagonal axes method (DAM): A fast search algorithm for vector quantization," *IEEE Transactions on Circuit System and Video Technology*, vol. 7, pp. 555-559, 1997.
- [3] M. H. Horng, "Vector quantization using the firefly algorithm for image compression," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 1078-1091, 2012.

- of Computer Vision and Image Processing (IJCVIP), vol. 7, pp. 19-43, 2017.
- [15] V. Severo, H. Leitão, J. Lima, W. Lopes, and F. Madeiro, "Modified firefly algorithm applied to image vector quantisation codebook design," *International Journal of Innovative Computing and Applications*, vol. 7, pp. 202-213, 2016.
- [16] C. Karri and U. Jena, "Fast vector quantization using a bat algorithm for image compression," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 19, pp. 769-781, 2016.
- [17] X. S. Yang, "Firefly algorithms for multimodal optimization," In *Stochastic Algorithms: Foundation and Applications, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5792, pp. 169-178, 2009.
- [۱۸] حسن‌زاده، طاهره و میبیدی، محمدرضا، «الگوریتم کرم شب‌تاب با رویکرد همکارانه»، هفدهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، انجمن کامپیوتر ایران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۷-۱۲، ۱۳۹۰.
- [۱۹] کامران پور، مرضیه؛ دکتر مهدی یعقوبی و دکتر پیمان کشاورزبان، «ایجاد یک الگوریتم ممتیک مبتنی بر الگوریتم کرم شب‌تاب و تئوری آشوب»، یازدهمین کنفرانس سراسری سیستم‌های هوشمند، انجمن سیستم‌های هوشمند ایران، دانشگاه خوارزمی، ۷-۱، ۱۳۹۰.
- [9] H. M. Feng, C. Y. Chen, and F. Ye, "Evolutionary fuzzy particle swarm optimization vector quantization learning scheme in image compression," *Expert Systems with Applications*, vol. 32, pp. 213-222, 2007.
- [10] M. Kumar, R. Kapoor, and T. Goel, "Vector quantization based on self-adaptive particle swarm optimization," *International Journal of Nonlinear Science*, vol. 9, pp. 311-319, 2010.
- [۱۱] مؤمنی، آقاصرام؛ شاکر و جمالی، «ارائه یک فیلتر جدید برای حذف نویزهای ضرب‌های و ترکیب فیلتر پیشنهادی با الگوریتم PSO به‌منظور کشف و دفاع در برابر حملات سیل‌آسای SYN»، فصلنامه مهندسی برق دانشگاه تبریز، جلد ۴۶، شماره ۱، صفحات ۳۱۹-۳۱۱، ۱۳۹۵.
- [۱۲] نقش‌بندی و شمس، «پخش بار بهینه مقید به پایداری سیگنال کوچک»، فصلنامه مهندسی برق دانشگاه تبریز، جلد ۴۷، شماره ۳، صفحات ۹۵۰-۹۳۹، ۱۳۹۵.
- [13] K. Chiranjeevi, U. R. Jena, B. M. Krishna, and J. Kumar, "Modified firefly algorithm (MFA) based vector quantization for image compression," in *Computational Intelligence in Data Mining, Volume 2*, ed: Springer, 2016, pp. 373-382.
- [14] K. Chiranjeevi, U. Jena, and S. Dash, "Comparative performance analysis of optimization techniques on vector quantization for image compression," *International Journal*

زیرنویس

- 1 Vector Quantization (VQ)
- 2 Codebook Generation
- 3 Encoding
- 4 Decoding
- 5 Codevector
- 6 Training Vector
- 7 Codeword
- 8 Linde-Buzo-Gray
- 9 Swarm Intelligence
- 10 Genetic Algorithm (GA)
- 11 Particle swarm optimization (PSO)
- 12 Firefly Algorithm (FA)
- 13 Distortion Error
- 14 Crossover
- 15 Fitness
- 16 Mutation
- 17 Generalized Lloyd Algorithm (GLA)
- 18 Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)
- 19 Modified Firefly Algorithm (Modified-FA)
- 20 Maximum Cycle Number (MCL)