

## استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای برای بهبود نسبت فشرده سازی و نرخ بازشناسی تصاویر در یک سامانه بازشناسی چهره

فاطمه صالحی قرامحمدی<sup>۱</sup> و محمدشهرام معین<sup>۲</sup>

### چکیده

فشرده سازی تصاویر یکی از بخش‌های غیر قابل اجتناب در تقریباً هر سامانه پردازش تصاویر منجمله در سامانه‌های بازشناسی چهره است. یکی از چالش‌های اصلی در سامانه‌های بازشناسی چهره کاهش نرخ بازشناسی به دلیل اعمال فشرده سازی با اتلاف روی تصاویر است. در این مقاله روشی جدید برای بهبود نسبت فشرده سازی تصاویر چهره با تولید جدول‌های چندی سازی جدید در روش JPEG با استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای ارائه شده است. ملاک انتخاب بهترین جدول‌های چندی سازی، توجه به نرخ بازشناسی تصاویر فشرده شده است. جدول‌های جدید نه تنها نرخ بازشناسی را کاهش نمی‌دهند بلکه بطور همزمان قابلیت افزایش نسبت فشرده سازی را نیز دارند. آزمایش‌ها در بازه‌های مختلفی از نسبت فشرده سازی با تنظیم پارامتر کیفیت روی مجموعه‌های مختلف از پایگاه داده FERET صورت گرفته است. نتایج بررسی‌ها حاکی از حفظ و یا در بعضی موارد افزایش نرخ بازشناسی با وجود افزایش نسبت فشرده سازی روی تصاویر است.

### کلید واژه‌ها

فشرده سازی چهره، بازشناسی چهره، الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای

تارنما را بازدید می‌کند، از الگوریتم‌ها و استانداردهای فشرده سازی تصویر بهره خواهد برد [۱].

فشرده سازی به دو دسته عمده فشرده سازی با اتلاف و بدون اتلاف تقسیم می‌شود. فشرده سازی با اتلاف با کاهش اطلاعات همراه است و در پی آن کاهش کیفیت تصویر خواهد بود. کدگذاری زیرباند<sup>۱</sup>، کدگذاری تبدیل<sup>۲</sup>، کدگذاری فرکتال<sup>۳</sup> و چندی سازی<sup>۴</sup> از جمله روش‌های فشرده سازی با اتلاف می‌باشد. فشرده سازی بدون اتلاف هیچ‌گونه اتلاف اطلاعاتی ندارد و تصویری با کیفیت تصویر اولیه می‌دهد. کدگذاری هافمن<sup>۵</sup>، کدگذاری LZW<sup>۶</sup> و کدگذاری طول اجرا<sup>۷</sup> از جمله روش‌های فشرده سازی بدون اتلاف می‌باشد [۲].

### ۱ مقدمه

فشرده سازی تصویر عبارت است از علم کاهش حجم داده‌های لازم برای نمایش یک تصویر و یکی از مفیدترین و مقرون به صرفه ترین فن آوری‌ها در زمینه پردازش دیجیتالی تصاویر می‌باشد. تعداد تصاویری که به صورت روزانه فشرده سازی و کدگذاری می‌شوند، به طور سرسام آوری رو به افزایش است.

این درحالی است که عملیات فشرده سازی و کدگذاری از دید کاربران پنهان هستند. هر فردی که یک دوربین دیجیتال دارد و یا

این مقاله در شهریورماه ۹۸ دریافت، دومین بازنگری در مردادماه ۹۹ انجام و پذیرفته شد.

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، قزوین، ایران

رایانامه: [fsalehi@qiau.ac.ir](mailto:fsalehi@qiau.ac.ir)

<sup>۲</sup> پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، پژوهشکده فناوری اطلاعات، تهران، ایران

رایانامه: [moin@itrc.ac.ir](mailto:moin@itrc.ac.ir)

نویسنده مسئول: محمد شهرام معین

<sup>1</sup> Subband Coding

<sup>2</sup> Transform Coding

<sup>3</sup> Fractal Coding

<sup>4</sup> Quantization

<sup>5</sup> Huffman Coding

<sup>6</sup> Lempel-Ziv-Welch Coding

<sup>7</sup> Run-Length Coding

وارد نیاورد و یا اینکه حتی باعث افزایش آن شود، اما در نگاه اول این تفکر وجود دارد که استفاده از این تصاویر فشرده در سامانه بازشناسی ممکن است کارایی سامانه را تحت تاثیر قرار دهد و در نتیجه ممکن است اینطور استنباط شود که افزایش نرخ فشرده سازی، درصد بازشناسی را کاهش می‌دهد. لذا ارائه جدول‌های چندی سازی که علاوه بر افزایش نسبت فشرده سازی، حداقل باعث کاهش نرخ بازشناسی نشود، بسیار مطلوب خواهد بود.

الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای [۶] و [۷] در سال‌های اخیر با قدرت زیادی در مسائل بهینه سازی ظاهر شده‌اند. بهینه سازی معیارهای عینی در فشرده سازی توسط نمونه‌هایی از این الگوریتم‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند اما اینکه این بهبودها در فشرده سازی چه تاثیری در سامانه‌های بازشناسی چهره دارند، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق بررسی شده که آیا می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای و ترکیب آن با روش‌های استاندارد فشرده سازی تصویر چهره به نسبت بهتری از فشرده سازی یا درصد بازشناسی مناسب تصویر چهره دست یافت؟

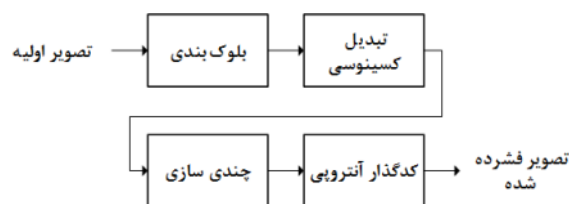
در ادامه ساختار مقاله به ترتیب زیر سامان دهی شده است. بخش ۲ کارهای مرتبط و بخش ۳ روش پیشنهادی را بیان می‌کنند. بخش ۴ به بیان شبیه سازی و تحلیل نتایج می‌پردازد و نتیجه گیری در بخش ۵ آورده شده است.

## ۲ کارهای مرتبط

در گذشته، محققان با استفاده از روش‌های مختلف به ایجاد جدول‌های چندی سازی جدید پرداخته‌اند. در [۸] با استفاده از الگوریتم بهینه سازی کرم شب تاب جدول‌های چندی سازی جدیدی انتخاب شده که با توجه به میزان فشرده سازی کیفیت بهتری از تصویر بازسازی شده نسبت به جدول استاندارد ارائه می‌دهد. آنها تنها از یک تصویر منتخب استفاده کردند. استفاده از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی چندی سازی در فشرده سازی تصاویر ماموگرافی با توجه به افزایش نسبت فشرده سازی و نسبت سیگنال به نویز متناظرش در فشرده ساز JPEG2000 در [۹] و روش تکاملی چند هدفه برای مصالحه بین کیفیت و فشرده سازی در الگوریتم JPEG در [۱۰] پیشنهاد شده است. این محققان از یک نوع الگوریتم ژنتیک برای طراحی جدول‌های چندی سازی استفاده کرده‌اند و کار خود را روی ۳ تصویر منتخب آزمایش کرده‌اند؛ نتیجه استفاده از جدول‌های جدید، بهبود کاهش خطای میانگین مربع با توجه به نسبت فشرده سازی است. در [۱۱] و [۱۲] با استفاده از الگوریتم فرامکاشفه‌ای خفاش جدول چندی سازی جدید برای مصالحه بین کیفیت و فشرده سازی روی ۵ تصویر منتخب و تصاویر پزشکی ارائه شده است. در [۱۳] از

در سامانه‌های بازشناسی چهره [۳] یکی از چالش‌های موجود، حفظ نرخ بازشناسی تصاویر باتوجه به شرایط مختلف تصویر ورودی است. فشرده سازی تصویر ورودی یکی از این شرایط است.

در این مقاله برای فشرده سازی تصاویر چهره انسان از روش فشرده سازی JPEG [۴] استفاده شده که رایج ترین استاندارد برای فشرده سازی تصویر بوده و در یکی از مراحل آن از یک جدول برای چندی سازی استفاده می‌شود. شکل (۱) روند فشرده سازی تصویر بوسیله این فشرده ساز را نشان می‌دهد.



شکل ۱ روند نمای فشرده ساز JPEG

در JPEG هر تصویر به بلوکهای  $8 \times 8$  تقسیم و تبدیل کسینوسی روی هر یک از بلوک‌ها اعمال می‌شود. برای رسیدن به فشرده سازی بیشتر، نتایج کوانتیزه می‌شوند. در مرحله آخر ضرایب کوانتیزه شده با کدگذار آنتروپی کد می‌شوند [۵]. این فشرده ساز این امکان را می‌دهد که به جای جدول چندی سازی استاندارد و پیش فرض، در کاربردهای مختلف از جدول مخصوص و تولید شده برای همان کاربرد بتوان استفاده کرد؛ جدول چندی سازی مهمترین قسمت در امر فشرده سازی تصاویر در این فشرده ساز است و با تغییر آن نسبت فشرده سازی<sup>۸</sup> قابلیت کاهش و یا افزایش را دارد، که هم در کیفیت تصویر و هم در میزان فشرده سازی تاثیر می‌گذارد. در این مقاله برای حل مسئله افزایش نسبت فشرده سازی بدون تقلیل در نرخ بازشناسی تصاویر چهره به تولید جدول چندی سازی با استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای پرداخته شده است.

فرآیند فشرده سازی و وافشرده سازی بطور کلی با افزایش نسبت فشرده سازی باعث کاهش کیفیت تصویر می‌شود. یک حوزه جذاب در تحقیقات پیدا کردن روش‌های فشرده سازی با حداقل تاثیر روی سامانه پردازش تصویر است. در واقع، فشرده سازی معمولا باعث حذف برخی جزئیات در تصویر می‌شود که می‌تواند حتی به افزایش درصد بازشناسی بیانجامد، اگر جزئیات حذف شده طبیعت نویزی داشته باشند و حاوی جزئیات مهم و واقعی چهره نباشند. لذا فشرده سازی تصاویر چهره باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر کاهش حجم اطلاعات با حذف افزونگی‌ها، اعوجاج حاصل از فشرده سازی به درصد بازشناسی سامانه خللی

<sup>8</sup> Compression Ratio(CR)

بدست آید و این تصاویر پیش پردازش شده، جهت ورودی به فشرده ساز استفاده می‌شوند. پس از مقداردهی پارامترهای الگوریتم فرامکاشفه‌ای، برای فشرده سازی تصاویر ابتدا پارامتر کیفیت<sup>۱۱</sup> تنظیم می‌شود این پارامتر امکان رسیدن به نسبت‌های فشرده سازی مختلف را فراهم می‌آورد و با استفاده از جدول چندی سازی جدید تولید شده توسط الگوریتم فرامکاشفه‌ای، فشرده سازی صورت می‌گیرد. بنابراین فشرده سازی با جدول چندی سازی استاندارد آغاز می‌شود و در داخل الگوریتم فرامکاشفه‌ای فرآیند فشرده سازی با جدول چندی سازی جدید ادامه پیدا می‌کند. پس از وافشرده سازی کامل مرحله بازشناسی که شامل ایجاد زیر فضای جدید، استخراج بردار ویژگی و تطبیق است با استفاده از تصاویر گالری، آموزش و آزمون برای بدست آوردن نرخ بازشناسی انجام می‌شود که در بخش طراحی آزمایش‌ها جزئیات بیشتری از آنها بیان شده است. در الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای، تابع هدف نرخ بازشناسی در نظر گرفته شده است. تابع هدف بدنبال جدول چندی سازی است که با افزایش نسبت فشرده سازی، کاهش در نرخ بازشناسی ایجاد نکند. پس از رسیدن الگوریتم فرامکاشفه‌ای به شرط خاتمه (حداکثر تکرار) جدول‌های چندی سازی که تابع هدف را برآورده کرده باشند به عنوان جدول‌های کاندید در نظر گرفته می‌شوند و از بین آنها جدول چندی سازی با بالاترین نسبت فشرده سازی و بهترین نرخ بازشناسی در خروجی به عنوان نتیجه ثبت می‌شود. بدین ترتیب، در روش پیشنهادی برای اولین بار از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای به منظور افزایش نسبت فشرده سازی تصاویر چهره بدون کاهش نرخ بازشناسی تصاویر استفاده شده است.

الگوریتم تکاملی چند هدفه مبتنی بر تجزیه<sup>۹</sup> برای تولید جدول چندی سازی JPEG بهینه استفاده شده است و نتایج فشرده سازی تصاویر با استفاده از جدول‌های بهینه در مقایسه با جدول‌های استاندارد، نسبت سیگنال به نویز بالاتر را نشان می‌دهد. در [۱۴] با استفاده از الگوریتم تکاملی تفاضلی جدول چندی سازی جدید ارائه شده است.

همانگونه که در مطالعات گذشته مشاهده می‌شود ایجاد جدول بهینه هدف محققان بوده است؛ اما اکثر آنها به بهبود و مصالحه بین کیفیت و نسبت فشرده سازی پرداخته‌اند و توجهی به تاثیر این جدول‌های جدید در سامانه‌های بازشناسی نداشته‌اند و از طرفی تصاویر اندکی جهت آزمون<sup>۱۰</sup> بکار برده‌اند. تنها [۱۵] به بررسی اثر فشرده سازی تصاویر چهره در سامانه بازشناسی چهره پرداخته و برای این هدف از جدول چندی سازی استاندارد استفاده کرده است. نقطه قوت این کار، نسبت فشرده سازی مناسب و استفاده از پایگاه داده جامع FERET [۱۶] بوده است.

در بعضی از کارهای دیگر مانند [۱۷]، از بهینه سازی نرخ/اعوجاج برای چندی سازی در فشرده ساز JPEG روی پایگاه داده تصاویر چهره Yale [۱۸] به منظور بازشناسی استفاده شده است. کد طراحی شده، فشرده سازی بیشتر، با حفظ کیفیت بالاتر به همراه دارد. اما پایگاه داده کوچک، بهینه سازی محدود به تصاویر با توزیع تقریباً یکسان، بهینه سازی کم و نرخ بیت بالا از جمله معایب این کار است. ایجاد جدول‌های چندی سازی جدید در [۱۹] و استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تولید جدول‌های چندی سازی در [۲۰] روی پایگاه داده ای از تصاویر عنیبه با مصالحه در نسبت فشرده سازی و بازشناسی ارائه شده است که بیانگر قابلیت ایجاد جدول‌های جدید در کاربردهای خاص است نسبت فشرده سازی بیشتر و استفاده از سایر الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای می‌تواند فضای مطالعه بهتری را ایجاد کند؛ بنابراین بررسی این موضوع در فشرده سازی و بازشناسی چهره با پایگاه داده ای جامع حائز اهمیت است. با توجه به کارایی الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای و کارهای انجام شده در گذشته، ایجاد جدول‌های جدید چندی سازی برای فشرده سازی با توجه به حوزه بازشناسی چهره، هدف این تحقیق بوده است.

### ۳ روش پیشنهادی

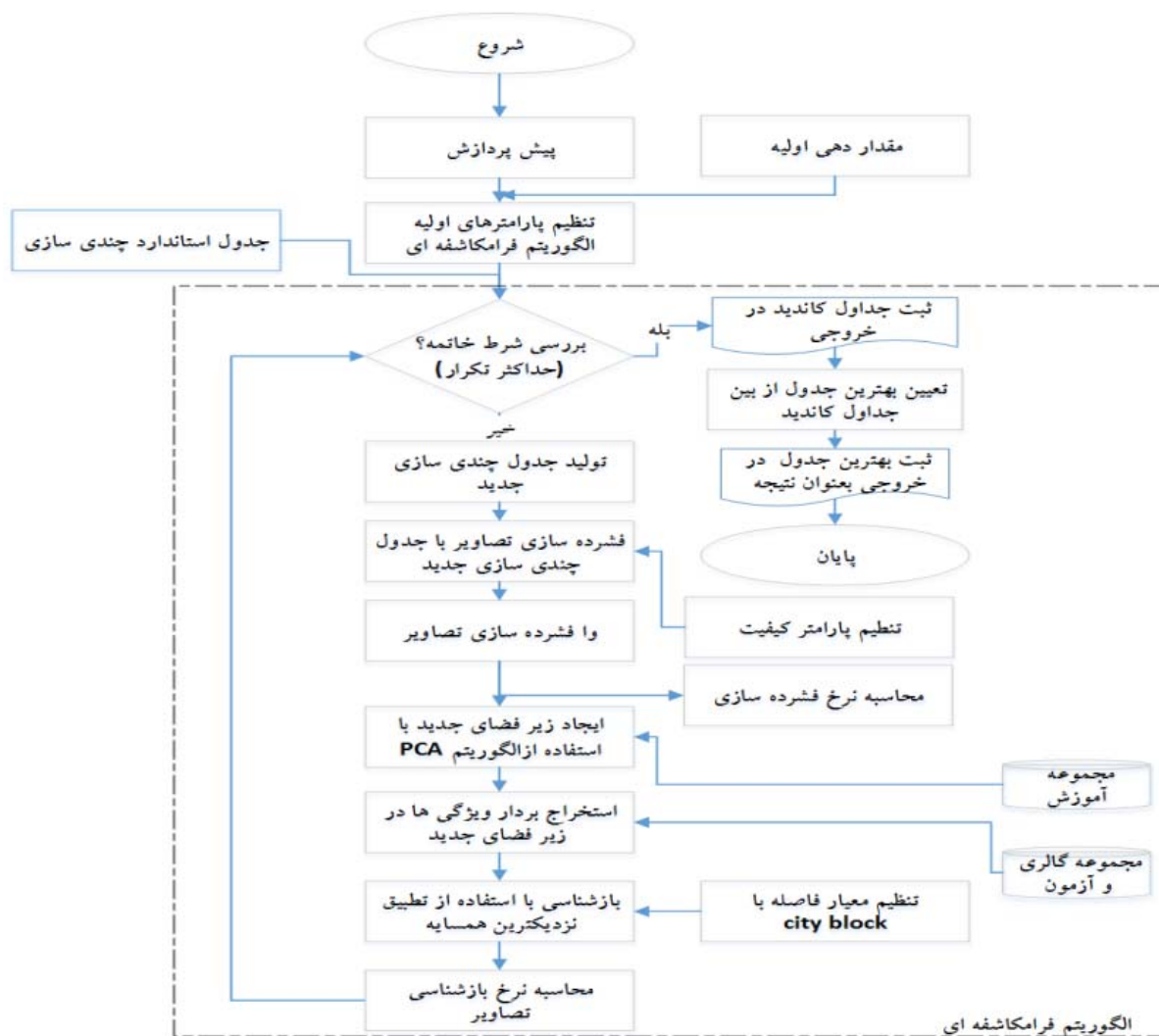
#### ۳-۱ بیان روش

شکل (۲) روندنمای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. در این کار ابتدا روی تصاویر چهره، پیش پردازش صورت می‌گیرد تا تنها ناحیه چهره که ناحیه مورد نظر است پس از حذف گردن و شانه‌ها

<sup>9</sup> Multiobjective Evolutionary Algorithm based on Decomposition

<sup>10</sup> Test

<sup>11</sup> Quality Parameter



شکل ۲ روند نمای روش پیشنهادی

این پایگاه داده شامل مجموعه گالری شامل ۱۱۹۶ تصویر و ۴ مجموعه از تصاویر آزمون است که در مرحله بازشناسی با تصاویر گالری مقایسه شده‌اند.

مجموعه آزمون fb آن شامل ۱۱۹۵ تصویر از افراد است که در زمان یکسان با تصاویر گالری ولی با حالات مختلف چهره گرفته شده است. مجموعه آزمون fc شامل ۱۹۴ تصویر از افراد تحت شرایط روشنایی مختلف گرفته شده است. مجموعه dup1 شامل ۷۲۲ تصویر که بین ۱ دقیقه تا ۱۰۳۱ روز پس از تصاویر گالری گرفته شده اند. dup2 زیر مجموعه‌ای از dup1 است، شامل ۲۳۴ تصویر که حداقل ۱۸ ماه پس از تصاویر گالری گرفته شده‌اند. همه تصاویر در مجموعه داده دارای ابعاد ۲۵۶×۳۸۴ و با سطوح خاکستری هستند. تصاویر در پایگاه داده FERET با فرمت TIFF ذخیره شده است و پس از پیش پردازش با فرمت PGM در آزمایش ها به کار رفته است. هر دو فرمت TIFF و PGM از الگوریتم های فشرده سازی بدون اتلاف استفاده می کنند بنابراین تاثیر چندانی بر نتایج بدست آمده نخواهند داشت.

### ۲-۳ پایگاه داده تصاویر چهره

در این کار از پایگاه داده استاندارد FERET شامل بخش های داده (زیر مجموعه‌هایی از چهره) برای آزمایش بازشناسی چهره استفاده شده است. شکل (۳) چند نمونه از تصاویر این پایگاه داده را نشان می‌دهد.



شکل ۳ نمونه هایی از تصاویر پایگاه داده FERET

## ۳-۳ طراحی آزمایش ها

برای شروع آزمایش‌ها به منظور بدست آوردن ناحیه چهره با استفاده از مختصات چشم‌ها، زاویه چشم‌ها در یک خط مستقیم قرار می‌گیرد؛ فاصله بین چشم‌ها به ۷۰ پیکسل تغییر داده شده و در همه تصاویر ثابت شده است؛ سپس ناحیه چهره تصویر بریده و به ابعاد  $128 \times 128$  تغییر اندازه داده می‌شود. در نهایت برای ارتقاء کنتراست تصویر، روی تصاویر متعادل سازی هیستوگرام در مقادیر ۰ تا ۲۵۵ صورت می‌گیرد. فشرده سازی روی تصاویر پیش پردازش شده انجام می‌شود. در این تحقیق از نسخه 9b کد بهینه JPEG استفاده شده است [۲۱]. همه تصاویر در چهار زیر مجموعه استاندارد آزمون (fb,fc,dup1,dup2) با استفاده از تکنیک فشرده سازی JPEG و پارامترهای کیفیت مختلف (۴۵، ۳۱، ۱۲، ۱، ۴) فشرده شده، سپس وافشرده سازی کامل می‌شوند؛ بنابراین بازشناسی نه در حوزه فشرده [۲۲] و [۲۳] بلکه در حوزه پیکسل انجام می‌شود. با تنظیم پارامتر کیفیت بین ۰ تا ۱۰۰ نرخ ها بصورت میانگین در هر مجموعه از تصاویر محاسبه و بطور تقریبی در جدول‌ها در نظر گرفته شدند. جدول (۱) پارامتر کیفیت در نظر گرفته شده در حالت استفاده از جدول استاندارد چندی سازی برای هر نرخ بیت بر پیکسل<sup>۱۲</sup> را نشان می‌دهد. این پارامتر بدلیل آماری بودن طبیعت تصاویر، مقدار تقریبی bps را مشخص می‌کند.

جدول ۱ نرخ بیت بر پیکسل و پارامتر کیفیت در حالت استاندارد

Bpp	0.1	0.2	0.5	0.8	1
Quality Parameter	Q=1	Q=4	Q=12	Q=31	Q=45

استخراج ویژگی برای بازشناسی با استفاده از الگوریتم PCA [۲۴] انجام می‌شود. سامانه با ۳ تصویر از تصاویر ۲۲۵ فرد آموزش می‌بیند. بنابراین مجموعه آموزش شامل ۶۷۵ تصویر است. ابعاد بردار ویژگی به یک زیر فضای ۲۷۰ بعدی کاهش داده شده است. بازشناسی در این زیر فضا با تطبیق استاندارد نزدیکترین همسایه با معیار فاصله (city block) L1 انجام می‌شود [۱۵]. در این تحقیق برای رسیدن به بهترین جدول‌های ممکن از ۳ الگوریتم فرامکاشفه‌ای مبتنی بر تک راه حل (الگوریتم تبرید تدریجی<sup>۱۳</sup>) و چند راه حل یا مبتنی بر جمعیت (الگوریتم ژنتیک<sup>۱۴</sup> و الگوریتم ازدحام ذرات<sup>۱۵</sup>) استفاده شده است. از جمله پارامترهای الگوریتم تبرید تدریجی می‌توان به دما (۱۰)، ضریب کاهش دما (۰,۹۵) و نیز حداقل تعداد تکرار و شرط خاتمه اشاره کرد. پارامترهای الگوریتم ژنتیک از جمله اندازه جمعیت، حداکثر

تکرار، عملگر باز ترکیب<sup>۱۶</sup> (۰/۵) و عملگر جهش<sup>۱۷</sup> (۰/۰۰۱) می‌باشند و از پارامترهای الگوریتم ازدحام ذرات می‌توان به پارامترهای سرعت (۰/۲ ± حداکثر مقدار یک ذره)، اطمینان (۲)، اینرسی (حداکثر ۰,۹ و حداقل ۰,۷) اشاره کرد. الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای مبتنی بر جمعیت با جمعیت اولیه ۱۰ و تعداد ۴۰ نسل آغاز به کار می‌کنند، برای الگوریتم تبرید تدریجی بخاطر هماهنگی با سایر الگوریتم‌ها تعداد ۴۰۰ تکرار در نظر گرفته شده است. جدول چندی سازی استاندارد نقطه شروع هر ۳ الگوریتم است و جمعیت اولیه با استفاده از تابع همسایگی تولید می‌شود. در این تحقیق، نرخ بازشناسی مرتبه اول<sup>۱۸</sup> به عنوان مقدار تابع هدف استفاده شده است. آزمایش‌ها با هر ۳ الگوریتم فرامکاشفه‌ای در چندین پارامتر کیفیت انجام شده و یک جدول چندی سازی به عنوان برتر در هر پارامتر کیفیت ارائه شده است.

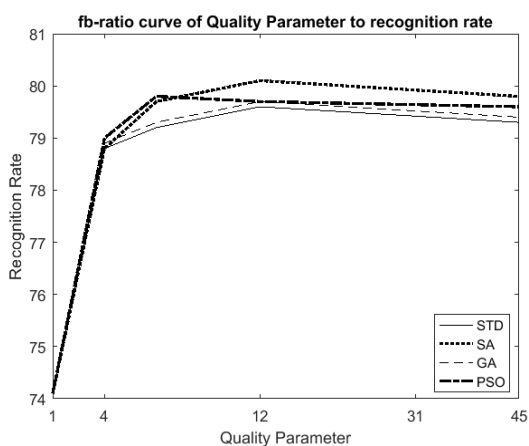
برای مقایسه بهتر نتایج دو دسته آزمایش انجام می‌شود؛ آزمایش اول روی مجموعه‌ها با شرایط زیر است: تنها مجموعه آزمون فشرده شده است، ولی مجموعه گالری و آموزش بدون فشرده سازی هستند، این فشرده سازی‌ها با جدول چندی سازی استاندارد و همچنین بهترین جدول‌های چندی سازی بدست آمده از هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای صورت می‌گیرد. آزمایش دوم به این صورت است که هر سه مجموعه، مجموعه آزمون، گالری و آموزش فشرده شده‌اند.

## ۴ آزمایش‌ها و تحلیل نتایج

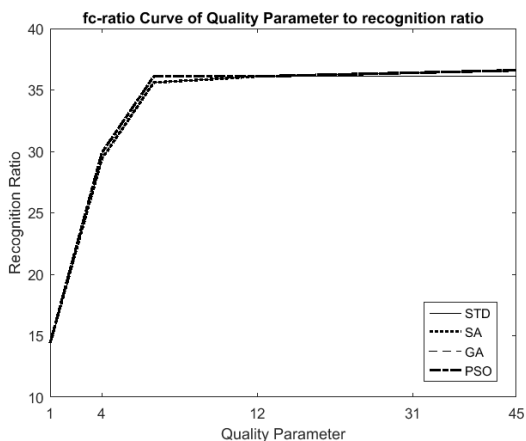
در این تحقیق آزمایش‌ها برای چهار زیر مجموعه استاندارد آزمون (fb,fc,dup1,dup2) انجام شده است، نتایج حاصل در جدول‌هایی نشان داده شده‌اند که سطر آنها با الگوریتم مورد استفاده جهت بازشناسی مجموعه آزمون نام گذاری شده‌اند و ستون‌ها پنج پارامتر کیفیت (۴۵، ۳۱، ۱۲، ۱، ۴) مورد استفاده و نرخ بازشناسی تصاویر در حالت بدون فشرده سازی<sup>۱۹</sup> را بیان می‌کنند. نام‌گذاری سطرها به ترتیب عبارت است از الگوریتم‌های مورد استفاده: روش فشرده سازی JPEG که از جدول استاندارد چندی سازی<sup>۲۰</sup> برای فشرده سازی استفاده می‌کند و روش فشرده سازی JPEG بهینه شده که از جدول بهینه شده توسط یکی از الگوریتم‌های بهینه سازی جهت فشرده سازی تصاویر چهره استفاده می‌کند. محتوای هر سلول از این جدول، نرخ بازشناسی مرتبه اول به شکل درصد و نسبت فشرده سازی را نشان می‌دهد. نسبت فشرده سازی تصاویر هر مجموعه در هر پارامتر کیفیت بصورت میانگین محاسبه شده است و مقدار گرد شده آن با یک

<sup>16</sup> Crossover<sup>17</sup> Mutation<sup>18</sup> Rank 1 Recognition Rate (RR)<sup>19</sup> Original image<sup>20</sup> L1+STD (Standard Quantization Table)<sup>12</sup> Bit Per Pixel<sup>13</sup> SA (Simulated annealing Algorithm)<sup>14</sup> GA (Genetic Algorithm)<sup>15</sup> PSO (Particle Swarm Optimization)

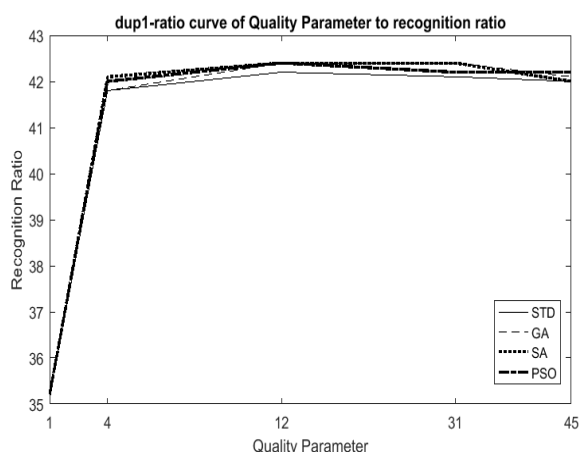




شکل ۴ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه fb در آزمایش اول



شکل ۵ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه fc در آزمایش اول



شکل ۶ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه dup1 در آزمایش اول

رقم اعشار در جدول‌ها ذکر شده است. بطور مثال در جدول (۲) مجموعه fc، با جدول استاندارد چندی سازی در پارامتر کیفیت ۴۵ بطور میانگین نسبت فشردگی ۸,۲ است؛ اما در ردیف‌های بعدی از جدول چندی سازی تولید شده با روش پیشنهادی استفاده شده است. بطور مثال ردیف (L1+SA) در پارامتر کیفیت ۴۵ نسبت فشردگی ۱۰,۱ است که این نشان دهنده این است که با وجود پارامتر کیفیت یکسان برای حالت استاندارد و جدول جدید حاصل از الگوریتم پیشنهادی، نسبت فشردگی افزایش پیدا کرده است.

نتایج بدست آمده با هر سه روش بهینه در هر پارامتر کیفیت ارائه شده‌اند. نرخ بازشناسی تصاویر اصلی بدون استفاده از فشردگی برای مقایسه با نرخ بازشناسی حاصل از تصاویر فشردگی شده بوسیله JPEG با جدول استاندارد چندی سازی و جدول‌های بهینه الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای آورده شده است. در این جدول‌ها نسبت فشردگی و نرخ بازشناسی حاصل از چندی سازی استاندارد به عنوان مبنا در نظر گرفته شده است، می‌توان مزیت استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای را مشاهده کرد که نسبت فشردگی با بهبود داشته است و در عین حال نرخ بازشناسی ثابت مانده و یا افزایش یافته است. شکل‌های (۴-۷) منحنی‌های نرخ بازشناسی را بر حسب پارامتر کیفیت برای هر مجموعه آزمون در آزمایش اول نشان می‌دهند. پارامتر کیفیت ۱ در برابر بهبود مقاوم است و تقریباً هیچ کدام از الگوریتم‌ها نتوانسته‌اند بهبودی در آن حاصل کنند. پارامترهای کیفیت بالا و متوسط با هر ۳ الگوریتم بهبود داشته‌اند. جدول (۲) نرخ بازشناسی و نسبت فشردگی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای در آزمایش اول را نشان می‌دهد.

جدول ۲ نرخ بازشناسی و نسبت فشردگی روش‌های مختلف روی مجموعه fb در آزمایش اول

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image
	۱	۴	۱۲	۳۱	۴۵	
L1+STD	RR	۷۴,۱	۷۸,۸	۷۹,۲	۷۹,۶	۷۹,۳
	CR	۵۰,۲	۲۸,۱	۱۵,۰	۹,۱	۷,۴
L1+SA	RR	۷۴,۱	۷۸,۸	۷۹,۷	۸۰,۱	۷۹,۸
	CR	۵۰,۲	۲۹,۴	۱۷,۴	۱۱,۳	۹,۶
L1+GA	RR	۷۴,۱	۷۸,۹	۷۹,۳	۷۹,۷	۷۹,۴
	CR	۵۰,۲	۲۸,۲	۱۵,۸	۹,۹	۷,۷
L1+PSO	RR	۷۴,۱	۷۹,۰	۷۹,۸	۷۹,۷	۷۹,۶
	CR	۵۰,۲	۲۸,۷	۱۵,۷	۱۰,۳	۹,۰

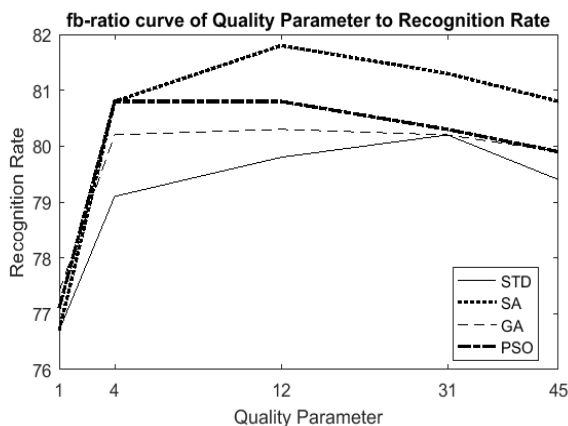
به عنوان مثال در جدول (۲) نرخ بازشناسی تصاویر اصلی ۷۹,۴٪ است که در فشردگی با جدول چندی سازی استاندارد با نسبت فشردگی ۷,۴ در پارامتر کیفیت ۴۵، نرخ بازشناسی به ۷۹,۳٪ کاهش یافته است و در همان پارامتر کیفیت الگوریتم فرامکاشفه‌ای SA با افزایش نسبت فشردگی ۹,۶ نرخ بازشناسی را به ۷۹,۸٪ افزایش داده است.

جدول (۵) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده سازی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای را در مجموعه dup2 در آزمایش اول نشان می‌دهد.

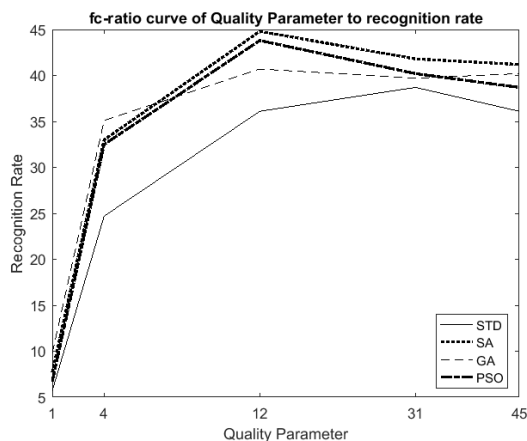
جدول ۵ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده سازی روش‌های مختلف روی مجموعه dup2 در آزمایش اول

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۲۱,۸	۲۹,۹	۳۱,۶	۳۰,۳	۲۹,۹	۳۰,۳
	CR	۵۰,۷	۲۸,۷	۱۵,۰	۹,۰	۷,۳	
L1+SA	RR	۲۱,۸	۲۹,۹	۳۱,۶	۳۰,۳	۳۰,۳	
	CR	۵۰,۸	۳۰,۳	۱۵,۰	۱۱,۳	۹,۵	
L1+GA	RR	۲۲,۲	۲۹,۹	۳۱,۶	۳۰,۳	۳۱,۲	
	CR	۵۰,۸	۲۸,۹	۱۵,۸	۱۰,۴	۸,۱	
L1+PSO	RR	۲۱,۸	۲۹,۹	۳۱,۶	۳۱,۲	۳۰,۸	
	CR	۵۰,۷	۲۹,۴	۱۵,۷	۹,۹	۹,۲	

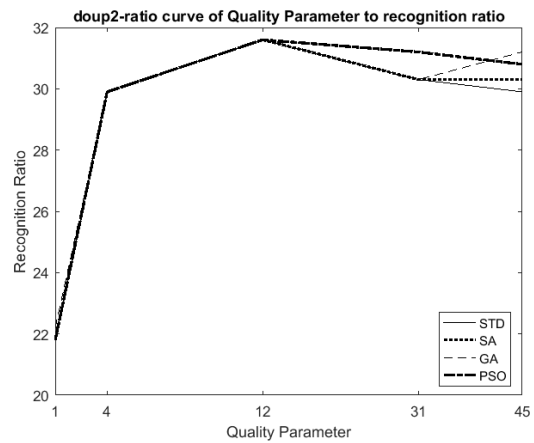
شکل‌های (۸-۱۱) منحنی‌های نرخ بازشناسی را بر حسب پارامتر کیفیت برای هر مجموعه آزمون در آزمایش دوم نشان می‌دهند. پارامتر کیفیت ۱ در برابر بهبود مقاوم است و تقریباً هیچ کدام از الگوریتم‌ها نتوانسته‌اند بهبودی در آن حاصل کنند. پارامترهای کیفیت بالا و متوسط با هر ۳ الگوریتم بهبود داشته‌اند.



شکل ۸ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه fb در آزمایش دوم



شکل ۹ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه fc در آزمایش دوم



شکل ۷ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه dup2 در آزمایش اول

در جدول (۳) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده سازی حاصل از جدول چندی سازی استاندارد و جدول‌های بهینه الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای برای مجموعه fc در آزمایش اول آورده شده است.

جدول ۳ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده سازی روش‌های مختلف روی مجموعه fc در آزمایش اول

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۱۴,۴	۲۹,۴	۳۵,۶	۳۶,۱	۳۶,۱	۳۷,۶
	CR	۵۱,۵	۳۰,۹	۱۶,۸	۱۰,۱	۸,۲	
L1+SA	RR	۱۴,۴	۲۹,۴	۳۵,۶	۳۶,۱	۳۶,۶	
	CR	۵۱,۵	۳۰,۹	۱۶,۸	۱۱,۶	۱۰,۱	
L1+GA	RR	۱۴,۴	۲۹,۴	۳۵,۶	۳۶,۱	۳۶,۶	
	CR	۵۱,۵	۳۱,۷	۱۷,۱	۱۰,۳	۸,۸	
L1+PSO	RR	۱۴,۴	۲۹,۹	۳۶,۱	۳۶,۱	۳۶,۶	
	CR	۵۱,۵	۳۱,۳	۱۷,۲	۱۱,۶	۹,۴	

جدول (۴) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده سازی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای را در مجموعه dup1 در آزمایش اول نشان می‌دهد.

جدول ۴ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده سازی روش‌های مختلف روی مجموعه dup1 در آزمایش اول

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۳۵,۲	۴۱,۸	۴۲,۲	۴۲,۱	۴۲,۰	۴۲,۰
	CR	۵۰,۲	۲۷,۸	۱۴,۶	۸,۸	۷,۲	
L1+SA	RR	۳۵,۲	۴۱,۸	۴۲,۴	۴۲,۴	۴۲,۱	
	CR	۵۰,۲	۲۷,۸	۱۶,۷	۱۰,۹	۹,۵	
L1+GA	RR	۳۵,۲	۴۲,۱	۴۲,۴	۴۲,۴	۴۲,۰	
	CR	۵۰,۳	۲۷,۹	۱۵,۱	۹,۱	۷,۹	
L1+PSO	RR	۳۵,۲	۴۲,۰	۴۲,۴	۴۲,۲	۴۲,۲	
	CR	۵۰,۲	۲۷,۸	۱۵,۳	۱۰,۱	۹,۱	

استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای برای بهبود نسبت فشرده‌سازی و نرخ بازشناسی تصاویر در یک سامانه بازشناسی چهره

جدول (۷) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای در مجموعه fc مطابق آزمایش دوم را نشان می‌دهد.

جدول ۷ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی روش‌های مختلف روی مجموعه fc در آزمایش دوم

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۵,۷	۲۴,۷	۳۶,۱	۳۸,۷	۳۶,۱	۳۷,۶
	CR	۵۱,۵	۳۰,۹	۱۶,۸	۱۰,۱	۸,۲	
L1+SA	RR	۷,۷	۳۳,۰	۴۴,۸	۴۱,۸	۴۱,۲	
	CR	۵۱,۵	۳۲,۲	۱۹,۲	۱۲,۴	۱۰,۴	
L1+GA	RR	۹,۸	۳۵,۱	۴۰,۷	۳۹,۷	۴۰,۲	
	CR	۵۲,۱	۳۳,۹	۱۷,۶	۱۰,۵	۸,۴	
L1+PSO	RR	۶,۷	۳۲,۵	۴۳,۸	۴۰,۲	۳۸,۷	
	CR	۵۰,۲	۲۹,۹	۱۶,۲	۱۰,۲	۸,۶	

جدول (۸) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای در مجموعه dup1 مطابق آزمایش دوم را نشان می‌دهد.

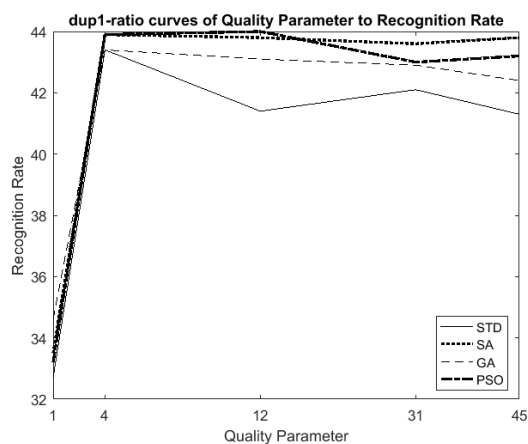
جدول ۸ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی روش‌های مختلف روی مجموعه dup1 در آزمایش دوم

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۳۲,۷	۴۳,۴	۴۱,۴	۴۲,۱	۴۱,۳	۴۲,۰
	CR	۵۰,۲	۲۷,۸	۱۴,۶	۸,۸	۷,۲	
L1+SA	RR	۳۳,۵	۴۳,۹	۴۳,۸	۴۳,۶	۴۳,۸	
	CR	۵۰,۲	۲۹,۴	۱۷,۳	۱۱,۲	۹,۱	
L1+GA	RR	۳۴,۶	۴۳,۴	۴۳,۱	۴۲,۹	۴۲,۴	
	CR	۵۱,۰	۲۸,۳	۱۵,۶	۹,۲	۷,۵	
L1+PSO	RR	۳۳,۲	۴۳,۹	۴۴,۰	۴۳,۰	۴۳,۲	
	CR	۵۰,۲	۲۹,۲	۱۶,۷	۹,۶	۸,۸	

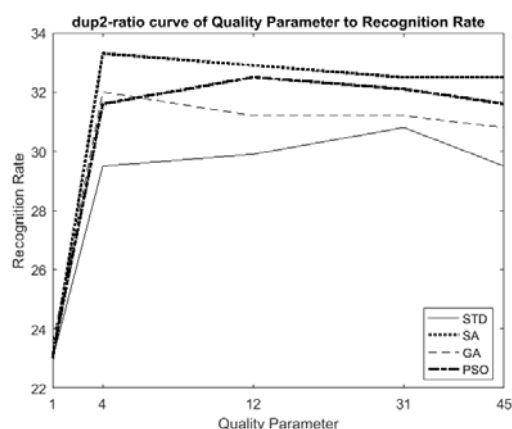
جدول (۹) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای در مجموعه dup2 مطابق آزمایش دوم را نشان می‌دهد.

جدول ۹ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی روش‌های مختلف روی مجموعه dup2 در آزمایش دوم

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۲۳,۰	۲۹,۵	۲۹,۹	۳۰,۸	۲۹,۵	۳۰,۳
	CR	۵۰,۷	۲۸,۷	۱۵,۰	۹,۰	۷,۳	
L1+SA	RR	۲۳,۰	۳۳,۳	۳۲,۹	۳۲,۵	۳۲,۵	
	CR	۵۰,۷	۳۰,۳	۱۷,۱	۱۱,۱	۹,۴	
L1+GA	RR	۲۳,۵	۳۲,۰	۳۱,۲	۳۱,۲	۳۰,۸	
	CR	۵۱,۴	۳۰,۳	۱۵,۵	۹,۰	۷,۹	
L1+PSO	RR	۲۳,۱	۳۱,۶	۳۲,۵	۳۲,۱	۳۱,۶	
	CR	۵۰,۷	۲۹,۷	۱۷,۵	۱۰,۳	۸,۹	



شکل ۱۰ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه dup1 در آزمایش دوم



شکل ۱۱ منحنی نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت روی مجموعه dup2 در آزمایش دوم

جدول (۶) نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی حاصل از جدول استاندارد و جدول‌های بهینه هر الگوریتم فرامکاشفه‌ای در مجموعه fb مطابق آزمایش دوم را نشان می‌دهد.

جدول ۶ نرخ بازشناسی و نسبت فشرده‌سازی روش‌های مختلف روی مجموعه fb در آزمایش دوم

Algorithm	JPEG coded images – Quality Parameter					Original image	
		۱	۴	۱۲	۳۱		۴۵
L1+STD	RR	۷۶,۷	۷۹,۱	۷۹,۸	۸۰,۲	۷۹,۴	۷۹,۴
	CR	۵۰,۲	۲۸,۱	۱۵,۰	۹,۱	۷,۴	
L1+SA	RR	۷۶,۷	۸۰,۸	۸۱,۸	۸۱,۳	۸۰,۸	
	CR	۵۰,۲	۲۹,۶	۱۷,۵	۱۱,۳	۹,۶	
L1+GA	RR	۷۷,۴	۸۰,۲	۸۰,۳	۸۰,۲	۷۹,۹	
	CR	۵۰,۴	۲۹,۱	۱۶,۰	۹,۸	۸,۰	
L1+PSO	RR	۷۷,۱	۸۰,۸	۸۰,۸	۸۰,۳	۷۹,۹	
	CR	۵۰,۲	۲۹,۶	۱۶,۵	۹,۸	۸,۶	



حذف ضرایبی بوده که تاثیر مثبتی در بازشناسی نداشته اند و ثانیا اینکه میزان کاهش کیفیت بصری در روش پیشنهادی نیز به اندازه‌ای نبوده که برای چشم محسوس باشد.

جدول ۱۲ نتایج روش‌های مختلف روی مجموعه fb در آزمایش دوم

Algorithm	JPEG coded images –Quality Parameter					Original image
	۱	۴	۱۲	۳۱	۴۵	
L1+STD	RR	۷۶٫۷	۷۹٫۱	۷۹٫۸	۸۰٫۲	۷۹٫۴
	CR	۵۰٫۲	۲۸٫۱	۱۵٫۰	۹٫۱	۷٫۴
	PSNR	۱۶٫۷	۲۴٫۰	۲۹٫۱	۳۲٫۹	۳۴٫۳
L1+SA	RR	۷۶٫۷	۸۰٫۸	۸۱٫۸	۸۱٫۳	۸۰٫۸
	CR	۵۰٫۲	۲۹٫۶	۱۷٫۵	۱۱٫۳	۹٫۶
	PSNR	۱۶٫۷	۲۳٫۳	۲۶٫۲	۲۷٫۷	۲۸٫۷
L1+GA	RR	۷۷٫۴	۸۰٫۲	۸۰٫۳	۸۰٫۲	۷۹٫۹
	CR	۵۰٫۴	۲۹٫۱	۱۶٫۰	۹٫۸	۸٫۰
	PSNR	۱۶٫۶	۲۳٫۵	۲۷٫۸	۲۸٫۲	۳۰٫۷
L1+PSO	RR	۷۷٫۱	۸۰٫۸	۸۰٫۸	۸۰٫۳	۷۹٫۹
	CR	۵۰٫۲	۲۹٫۶	۱۶٫۵	۹٫۸	۸٫۶
	PSNR	۱۶٫۷	۲۳٫۴	۲۷٫۵	۳۰٫۷	۳۱٫۶

#### ۴-۱ مجموعه آزمون fb

این مجموعه شامل تصاویر چهره با حالات و زوایای مختلف است. تقریبا همه روش‌ها روی این مجموعه در هر دو آزمایش نتایج ثابت و پایداری را از خود نشان داده‌اند. حتی با بهبود فشرده سازی توسط جدول‌های چندی سازی جدید در هر دو آزمایش نرخ بازشناسی مناسبی دیده می‌شود؛ در آزمایش اول تا پارامتر کیفیت ۴ افزایش کمی در نرخ بازشناسی مشاهده می‌شود اما در آزمایش دوم این افزایش چشمگیر تر است. به نظر می‌آید که با وجود نرخ فشرده سازی بالا، افزایش و بهبود در نرخ فشرده سازی تاثیر مخربی در نرخ بازشناسی نداشته است. در هر دو آزمایش پارامتر کیفیت ۱ در برابر تغییرات مقاوم است و هیچ کدام از جدول‌های جدید تولید شده توسط هر ۳ الگوریتم نتوانسته‌اند افزایش قابل ملاحظه‌ای در نسبت فشرده سازی ایجاد کنند. نسبت فشرده سازی بالا باعث از دست رفتن جزئیات زیادی در تصویر می‌شود بنابراین حفظ بسیاری از فرکانس‌های بالا افزایش می‌یابد و این قدرت سه الگوریتم تکاملی را در این پارامتر کیفیت کاهش داده است، اما در نرخ فشرده سازی پایین بسیاری از فرکانس‌های پایین هم دچار تغییر و افزایش شده‌اند که منجر به بهبود قابل توجه در جدول‌های جدید شده است. بطور کلی نرخ بازشناسی مرتبه اول این مجموعه آزمون بالای ۷۹٫۰٪ است. الگوریتم SA در هر دو آزمایش بهترین عملکرد را داشته است بطوریکه با افزایش نرخ فشرده سازی همزمان نرخ بازشناسی را هم افزایش داده است؛ بالاترین نرخ بازشناسی این الگوریتم در آزمایش اول ۸۰٫۱٪ در پارامتر کیفیت ۳۱ است و در آزمایش دوم ۸۱٫۸٪ در پارامتر کیفیت ۱۲ است. از شکل‌های (۱۵-۱۲) می‌توان دید که بطور کلی آزمایش دوم عملکرد بهتری داشته است.

از نتایج آزمایش‌ها دیده می‌شود که جدول‌های چندی سازی جدید طراحی شده جهت بهبود نرخ فشرده سازی در jpeg قادر به حفظ یا حتی افزایش نرخ بازشناسی نسبت به جدول استاندارد چندی سازی می‌باشند و اینکه تقلیل قابل ملاحظه‌ای نسبت به نرخ بازشناسی اصلی مشاهده نشده است. بهینه سازی در هر پارامتر کیفیت هدف حاصل می‌شود یعنی بهبود قابل توجه تنها مختص همان پارامتر کیفیت است و نمی‌توان بهترین جدول در یک پارامتر کیفیت را برای تمام پارامترهای کیفیت در نظر گرفت، بنابراین می‌توان به اهمیت و ارزشمند بودن طراحی جدول‌های چندی سازی برای نرخ‌های مختلف فشرده‌سازی به منظور کاربرد در زمینه‌ای خاص پی برد. در جدول (۱۰) جدول چندی سازی استاندارد و در جدول (۱۱) نمونه ای از جدول چندی سازی با استفاده از روش پیشنهادی (آزمایش دوم، مجموعه fb، الگوریتم SA، پارامتر کیفیت ۱۲) ارائه شده است.

جدول ۱۰ جدول استاندارد چندی سازی

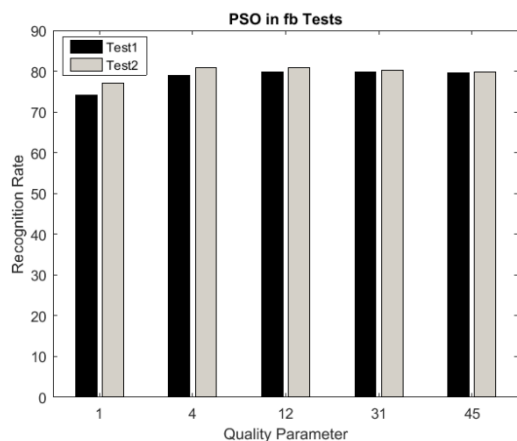
۱۶	۱۱	۱۰	۱۶	۲۴	۴۰	۵۱	۶۱
۱۲	۱۲	۱۴	۱۹	۲۶	۵۸	۶۰	۵۵
۱۴	۱۳	۱۶	۲۴	۴۰	۵۷	۶۹	۵۶
۱۴	۱۷	۲۲	۲۹	۵۱	۸۷	۸۰	۶۲
۱۸	۲۲	۳۷	۵۶	۶۸	۱۰۹	۱۰۳	۷۷
۲۴	۳۵	۵۵	۶۴	۸۱	۱۰۴	۱۱۳	۹۲
۴۹	۶۴	۷۸	۸۷	۱۰۳	۱۲۱	۱۲۰	۱۰۱
۷۲	۹۲	۹۵	۹۸	۱۱۲	۱۰۰	۱۰۳	۹۹

جدول ۱۱ جدول چندی سازی با روش پیشنهادی

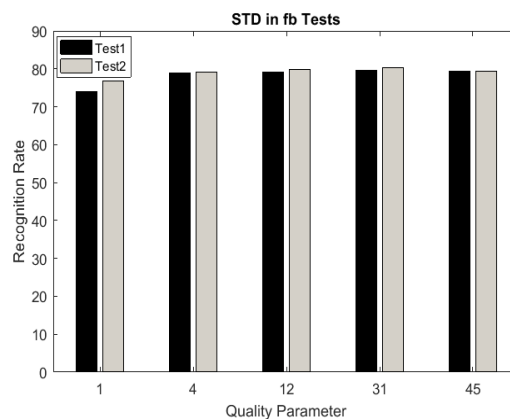
۱۶	۱۱	۱۰	۱۶	۲۴	۴۰	۵۱	۶۱
۱۲	۹۱	۵۶	۲۲۹	۹۰	۲۰۴	۱۸۱	۸۶
۱۴	۱۹۲	۱۱۹	۲۴۹	۱۳۵	۱۷۰	۱۴۱	۱۳۲
۱۴	۱۳۳	۱۵۴	۱۳۷	۲۳۳	۱۷۸	۲۲۳	۱۸۶
۱۸	۱۰۷	۷۹	۱۷۶	۸۴	۱۴۸	۱۲۴	۲۳۳
۲۴	۱۶۵	۹۶	۱۹۷	۱۳۱	۲۲۰	۲۰۳	۱۳۹
۴۹	۱۸۶	۱۴۵	۱۱۹	۱۵۱	۲۵۰	۱۹۵	۱۶۲
۷۲	۲۱۵	۱۵۳	۲۴۰	۱۴۷	۲۲۷	۲۴۶	۱۷۵

افزایش نسبت فشرده سازی حاصل از جداول چندی سازی جدید به کاهش کیفیت تصاویر منجر می‌شود که ناشی از حذف ضرایبی است که نه تنها تاثیر مثبت در نرخ بازشناسی نداشته اند بلکه باعث کاهش آن نیز می‌شدند، لذا با حذف این ضرایب (که منجر به کاهش کیفیت بصری می‌تواند بشود) نرخ بازشناسی بدتر نشده ولی بالطبع نسبت فشرده سازی بهتر شده است. همانطور که در جدول شماره (۱۲) به عنوان نمونه نشان داده شده با افزایش نسبت فشرده سازی، PSNR کاهش می‌یابد اما حفظ نرخ بازشناسی بدلیل حفظ ضرایب با ارزش تر و حذف برخی ضرایب با ماهیت نویزی و کم اهمیت در جدول چندی سازی است. در ازای کاهش PSNR، بهبود همزمان نسبت فشرده سازی و نرخ بازشناسی حاصل شده است به عبارتی اولاً کاهش کیفیت بصری ناشی از

استفاده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای برای بهبود نسبت فشرده‌سازی و نرخ بازشناسی تصاویر در یک سامانه بازشناسی چهره



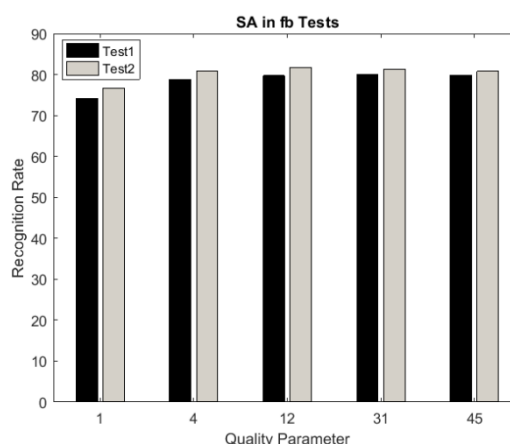
شکل ۱۵ نرخ بازشناسی برحسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fb با استفاده از بهترین جدول PSO



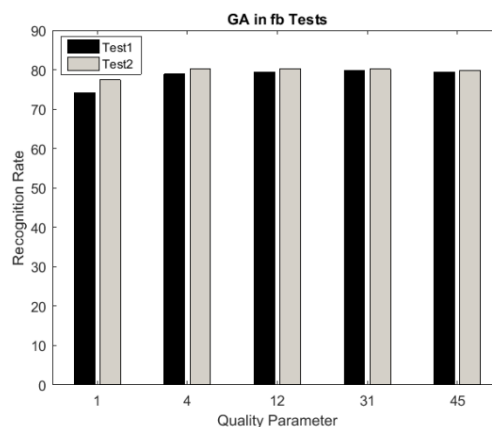
شکل ۱۲ نرخ بازشناسی برحسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fb با استفاده از جدول استاندارد

#### ۲-۴ مجموعه آزمون fc

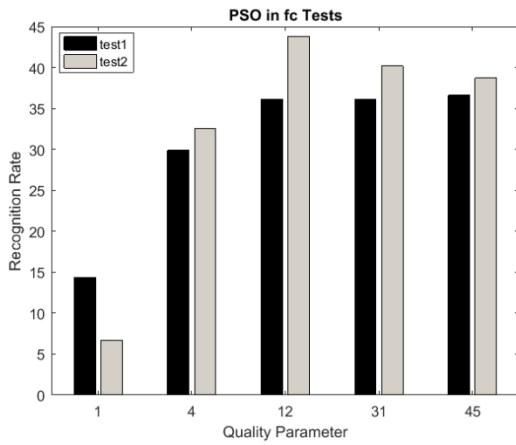
این مجموعه شامل تصاویر چهره با روشنایی‌های مختلف است که این خود به تنهایی چالش بزرگی در بازشناسی چهره محسوب می‌شود، یکی از دلایل نرخ بازشناسی پایین برای تصاویر اصلی همین روشنایی موجود در تصاویر است. این روشنایی بدلیل تاثیر روی کل تصویر یا قسمت عمده‌ای از تصویر توسط فرکانس‌های پایین بیان می‌شود [۱۵]. در آزمایش اول هر سه الگوریتم در پارامتر کیفیت بالا با حفظ نرخ بازشناسی، نرخ فشرده‌سازی را افزایش داده‌اند و در پارامتر کیفیت متوسط GA و PSO عملکرد بهتری داشته‌اند، پارامتر کیفیت ۱ در برابر این سه الگوریتم مقاوم است. در آزمایش دوم در پارامتر کیفیت بالا و متوسط SA بسیار خوب عمل کرده است، همراه با افزایش فشرده‌سازی نرخ بازشناسی را بخوبی افزایش داده است. در پارامتر کیفیت پایین GA عملکرد بهتری داشته است. فشرده‌سازی بالا و کاهش PSNR باعث از دست رفتن جزئیات زیادی در تصویر می‌شود بنابراین حفظ بسیاری از فرکانس‌های بالا افزایش می‌یابد و این قدرت سه الگوریتم تکاملی را در پارامتر کیفیت پایین کاهش داده است، اما در نرخ فشرده‌سازی پایین بسیاری از فرکانس‌های پایین هم دچار تغییر و افزایش شده‌اند که منجر به بهبود قابل توجه در جدول‌های جدید شده است. بطور کلی نرخ بازشناسی مرتبه اول این مجموعه آزمون بالای ۳۰٪ است. بالاترین نرخ بازشناسی بوسیله هر سه الگوریتم در آزمایش اول ۳۶٫۶٪ در پارامتر کیفیت ۴۵ است و در آزمایش دوم ۴۴٫۸٪ در پارامتر کیفیت ۱۲ بوسیله SA است. از شکل‌های (۱۹-۱۶) می‌توان دید که به جزء پارامتر کیفیت ۱ بطور کلی آزمایش دوم با هر سه الگوریتم عملکرد بهتری داشته است.



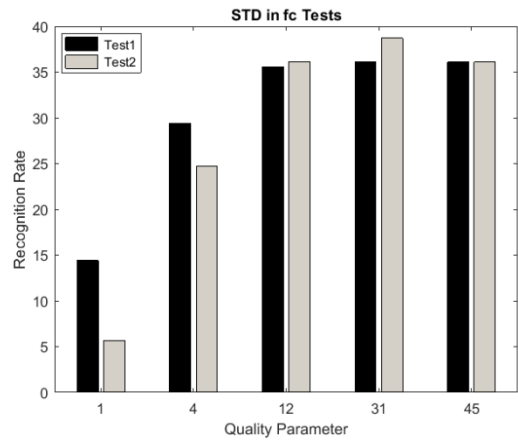
شکل ۱۳ نرخ بازشناسی برحسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fb با استفاده از بهترین جدول SA



شکل ۱۴ نرخ بازشناسی برحسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fb با استفاده از بهترین جدول GA



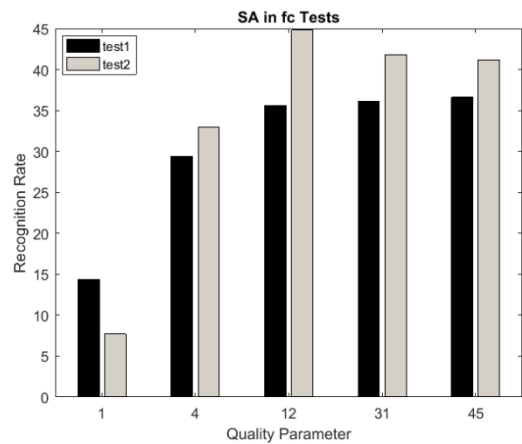
شکل ۱۹ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fc با استفاده از بهترین جدول PSO



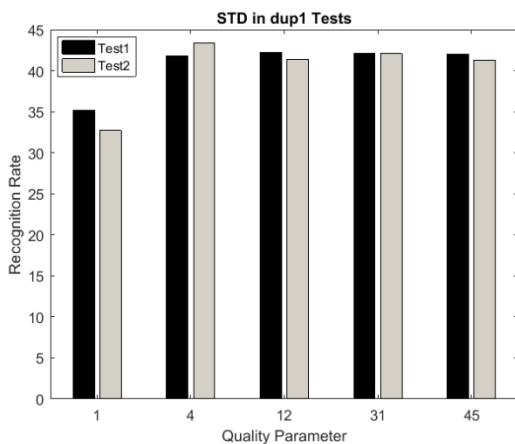
شکل ۱۶ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fc با استفاده از جدول استاندارد

### ۳-۴ مجموعه آزمون dup1 و dup2

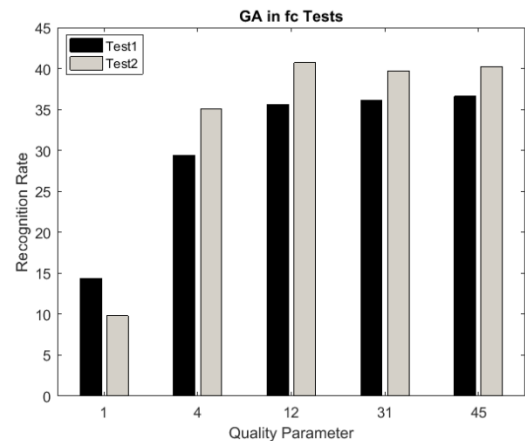
این دو مجموعه آزمون، اثر گذر زمان (سن) روی بازشناسی چهره را نشان می‌دهد. همه روش‌ها پایداری خوبی در هر دو آزمایش از خود نشان داده‌اند. نرخ بازشناسی با وجود افزایش نرخ فشرده سازی برای پارامتر کیفیت پایین بدون تقلیل باقی مانده است. بهترین عملکرد در هر دو آزمایش برای هر دو مجموعه در پارامتر کیفیت بالا و متوسط بوسیله الگوریتم SA و در پارامتر کیفیت پایین بوسیله GA بدست آمده است. بیشترین نرخ بازشناسی ۴۲٫۴٪ در آزمایش اول dup1 در پارامترهای کیفیت ۱۲ و ۳۱ و در آزمایش دوم ۴۴٫۰٪ در پارامتر کیفیت ۱۲ است. بیشترین نرخ بازشناسی ۳۱٫۶٪ در آزمایش اول dup2 در پارامتر کیفیت ۱۲ و در آزمایش دوم ۳۳٫۳٪ در پارامتر کیفیت ۴ است. حذف جزئیات ریز می‌تواند به شباهت بین تصویر فشرده با تصویر اصلی بوسیله فیلتر حاصل از فشرده سازی JPEG در نرخ‌های مختلف به بازشناسی کمک کند.



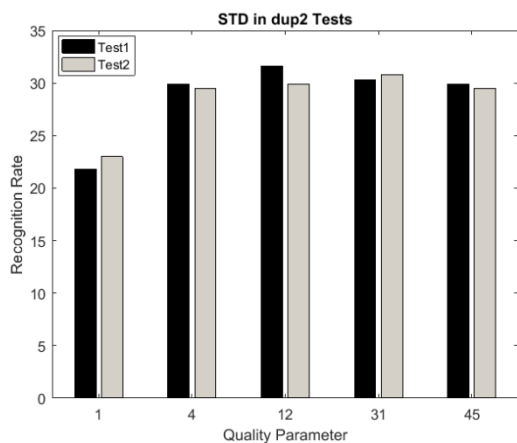
شکل ۱۷ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fc با استفاده از بهترین جدول SA



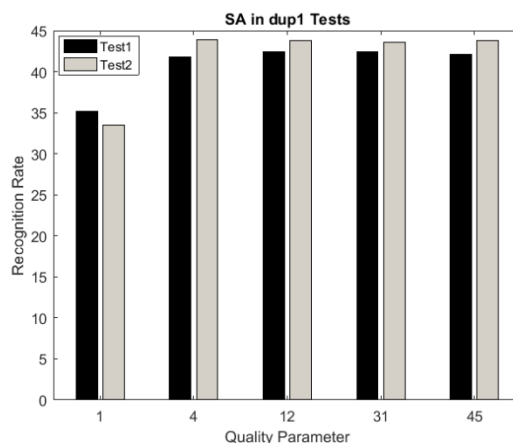
شکل ۲۰ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup1 با استفاده از جدول استاندارد



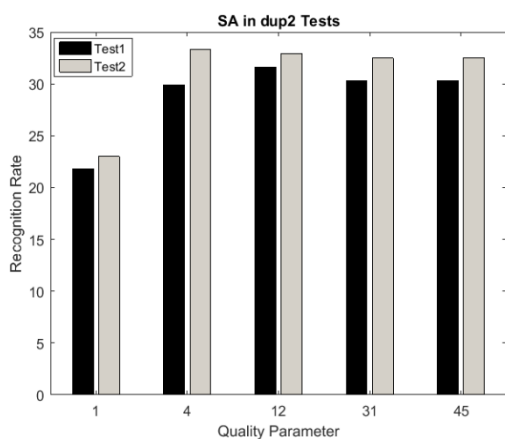
شکل ۱۸ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه fc با استفاده از بهترین جدول GA



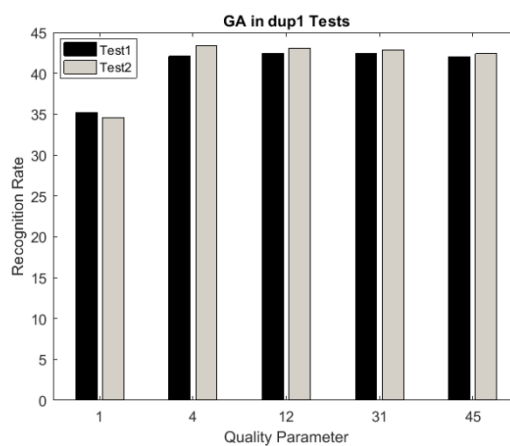
شکل ۲۴ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup2 با استفاده از جدول استاندارد



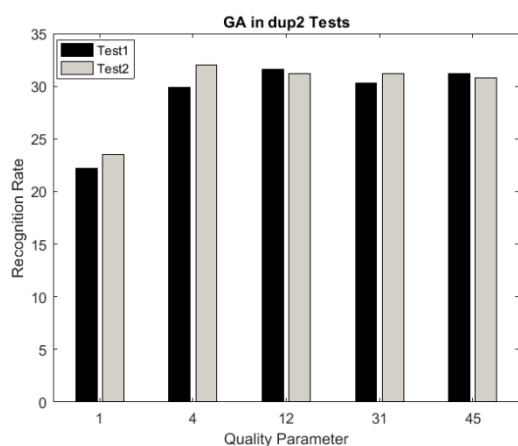
شکل ۲۱ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup1 با استفاده از بهترین جدول SA



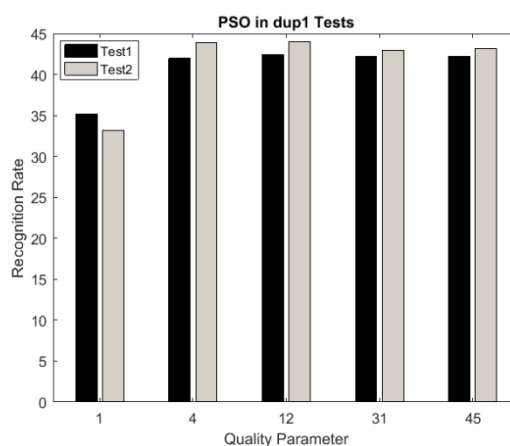
شکل ۲۵ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup2 با استفاده از بهترین جدول SA



شکل ۲۲ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup1 با استفاده از بهترین جدول GA



شکل ۲۶ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup2 با استفاده از بهترین جدول GA

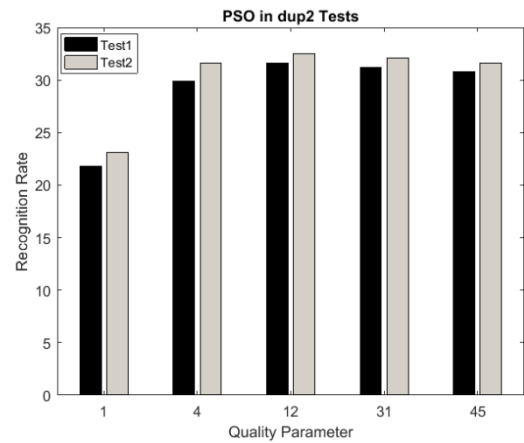


شکل ۲۳ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup1 با استفاده از بهترین جدول PSO

نسبت فشرده سازی و نرخ بازشناسی حاصل از جدول‌های چندی سازی بدست آمده از الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای، می‌ارزد. در کارهای آینده می‌توان روی یک الگوریتم تمرکز کرد و با تنظیم دقیقتر پارامترها نسبت فشرده سازی را بیشتر افزایش داد و با عملکرد قطعی بجای تصادفی در الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای، یک جدول مخصوص پارامترهای کیفیت مختلف ارائه داد.

## مراجع

- [1] R.C.Gonzalez, R.E.Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed: Printice Hall, 2008.
- [2] D. Salomon, *Data Compression: The Complete Reference*, 3rd ed, New York: Springer, 2004.
- [3] R. Chellappa, P.J. Phillip W. Zhao, "Face Recognition: A Literature Survey", *ACM computing surveys*, vol. 35, no. 4, pp. 399-458, December 2003.
- [4] Gregory K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Commun.ACM, vol.34, pp.30-44, April 1991.
- [5] Hassanpour H, Asadi S, "Providing a method for image preprocessing to improve the performance of JPEG ", *JSDP*, vol. 13, no.2, pp.105-120, 2016.
- [6] Ilhem Boussaïd, Julien Lepagnot and Patrick Siarry, "A survey on optimization metaheuristics", *Information Sciences*, Elsevier, 2013.
- [7] Dan Simon, *Evolutionary Optimization Algorithms*: Wiley, 2013
- [8] Milan Tuba and Nebojsa Bacanin, "JPEG Quantization Tables Selection by the Firefly Algorithm", *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, ICMCS, Marrakech, Morocco: IEEE, September 2014.
- [9] Fatemizadeh E and Besharat A, "Using Genetic Algorithm for Optimization of Mammograms Image Compression", *Majlesi Journal of Electrical Engineering*, vol. 4, no. 3, Isfahan, Iran, 2010.
- [10] Beatrice Lazzerini, Francesco Marcelloni and Massimo Vecchio, "A multi-objective evolutionary approach to image quality/compression trade-off in JPEG baseline algorithm", *Applied Soft Computing*, vol. 10, no. 2, pp. 548-561, Elsevier, March 2010.
- [11] Chiranjeevi Karri and Umaranjan Jena, "Fast vector quantization using a Bat algorithm for image compression", *Engineering Science and Technology*, vol. 19, no. 2, pp. 769-781, Elsevier, June 2016.
- [12] S. N. Kumar, A. Lenin Fred, H. Ajay Kumar, P. Sebastin Varghese and Ashy V. Daniel, "BAT Optimization-Based Vector Quantization Algorithm for Compression of CT Medical Images", *Proceedings of the International Conference on Translational Medicine and Imaging*, ICTMI, 2019.



شکل ۲۷ نرخ بازشناسی بر حسب پارامتر کیفیت دو آزمایش مجموعه dup2 با استفاده از بهترین جدول PSO

## ۵ نتیجه گیری

هدف، بهبود جدول چندی سازی فشرده سازی JPEG است تا نسبت فشرده سازی تصاویر چهره بهبود داده شود، بدون اینکه نرخ بازشناسی تقلیل پیدا کند. نرخ بازشناسی به منظور مقایسه کارایی روش‌ها در جدول‌های مختلف استفاده شده است. الگوریتم پیشنهادی از ۳ الگوریتم فرامکاشفه‌ای برای بهبود جدول استاندارد استفاده کرده است. نتایج بدست آمده نشان داد که در هر دو آزمایش، نسبت فشرده سازی جدول‌های چندی سازی جدید از جدول استاندارد بالاتر است و در عین حال نرخ بازشناسی نسبت به جدول استاندارد کاهش پیدا نکرده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای استفاده شده در این تحقیق توانسته‌اند نسبت فشرده سازی را بدون تقلیل نرخ بازشناسی بخوبی افزایش دهند.

همچنین از نتایج دو مجموعه آزمایش دیده می‌شود که در صورتی که هر دو مجموعه تصاویر آزمون و آموزش فشرده باشند نتایج بهتری می‌توان گرفت در عین حال که کاهش بیشتری در حجم پایگاه داده خواهیم داشت. بهترین عملکرد الگوریتم تبرید تدریجی در آزمایش اول متعلق به مجموعه‌های fb و dup2، الگوریتم ازدحام ذرات، مجموعه‌های fc, dup1 و الگوریتم ژنتیک در مجموعه‌های dup1, dup2 بوده است. در آزمایش دوم الگوریتم تبرید تدریجی در همه مجموعه‌ها بخوبی عمل کرده است و بهترین عملکرد الگوریتم ازدحام ذرات و ژنتیک در مجموعه fc بوده است.

هزینه زمان مصرفی توسط الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای فقط در مرحله پیدا کردن بهترین جدول افزایش می‌یابد که این مرحله در فاز آموزش تنها یکبار انجام شده و پس از یافتن بهترین جدول چندی سازی در مرحله آزمایش یا کاربرد، بدلیل تغییر نکردن پیچیدگی روش، زمان آزمایش یا کاربرد نسبت به حالت معمولی بدون تغییر باقی می‌ماند. با توجه به این موضوع، اضافه شدن مرحله آموزش و زمان آن به فرآیند، کاملاً به بهبود ایجاد شده در





فاطمه صالحی قرامحمدی مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین اخذ نموده است. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان پردازش تصویر، الگوریتم‌های فرامکاشفه‌ای و فشرده‌سازی تصویر است.



محمدشهرام معین مدارک کارشناسی مهندسی الکترونیک، کارشناسی ارشد مهندسی الکترونیک و دکترای مهندسی برق را به ترتیب از دانشگاه صنعتی امیرکبیر در سال ۱۳۶۷، دانشکده فنی دانشگاه تهران در سال ۱۳۶۹ و پلی‌تکنیک مونترال کانادا در سال ۱۳۷۹ اخذ نموده است. ایشان هم‌اکنون دانشیار پژوهشکده فناوری اطلاعات در پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات بوده و زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه‌شان بازشناسی الگو، پردازش تصویر، تحلیل داده‌ها و بیومتریک است.

- [13] Vikrant Singh Thakur, Kavita Thakur and Shubhrata Gupta, "Optimum JPEG Quantization Table Generation for High-Quality Image Compression Using Multi objective Evolutionary Optimization Based on Decomposition", *International Journal of Electronics, Electrical and Computational System*, IJEECS, vol. 6, November 2017.
- [14] B. Vinoth Kumar and G. R. Karpagam, "A Smart Algorithm for Quantization Table Optimization: A Case Study in JPEG Compression", in *Smart Techniques for a Smarter Planet*, vol 374, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Mishra M., Mishra B., Patel Y., Misra R. (eds):Springer, Cham, 2019.
- [15] Kresimir Delac, Mislav Grgic, and Sonja Grgic, "Image Compression Effects in Face Recognition Systems", in *Face Recognition*, pp.558, Vienna, Austria, June 2007.
- [16] Phillips P. Jonathon, Moon Hyeonjoon and Rizvi Syed A, "The FERET Evaluation Methodology for Face Recognition Algorithms", *IEEE TRANSACTIONS on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 10, October 2000.
- [17] Gu-Min JEONG, Chunghoon KIM, Hyun-Sik AHN and Bong-Ju AHN, "JPEG Quantization Table Design for Face Images and Its Application to Face Recognition", *IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, vol. E89-A, no. 11, pp. 2990-2993, November 2006.
- [18] Yale University, the Yale and YaleB database, Available:[http://cvc.cs.yale.edu/cvc/projects/yalefaces/yale\\_faces](http://cvc.cs.yale.edu/cvc/projects/yalefaces/yale_faces)
- [19] GS Kostmayer, H Stögner, and A Uhl, "Custom JPEG Quantization for Improved Iris Recognition Accuracy", *IFIP International Federation for Information Processing*, Springer, 2009.
- [20] M Konrad, H Stögner, and A Uhl, "Custom Design of JPEG Quantisation Tables for Compressing Iris Polar Images to Improve Recognition Accuracy", *International Conference on Biometrics*, Springer, 2009.
- [21] Independent JPEG Group, Available: <https://www.ijg.org>
- [22] Alireza Sepas-Moghaddam, Mohammad Shahram Moin, and Hamidreza Rashidy Kanan, "A New Preselection Method for Face Recognition in JPEG Domain Based on Face Segmentation", in *IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications*, ICSIPA, 2011.
- [23] MS Moin and A Sepas-Moghaddam, "Face recognition in JPEG compressed domain: a novel coefficient selection approach", *Signal, Image and Video Processing*, vol. 9, no. 3, pp. 651-663, Springer, March 2015.
- [24] Kresimir Delac, Mislav Grgic, and Sonja Grgic, "Independent Comparative Study of PCA, ICA, and LDA on the FERET Data Set", *International Journal of Imaging systems and technology*, Wiley Online Library, 2006.