

Extracting Discriminative Features by utilizing Optimum Arc_Gabor Filter-Bank for Authentication Using Palm-Print

Mehran Taghipour-Gorjikotaie¹, Seyyed Mohammad Razavi²

1*- Department of Electronic, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Department of Electronic, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran

mtaghipour@birjand.ac.ir¹, smrazavi@birjand.ac.ir²

Corresponding author address: Mehran Taghipour-Gorjikotaie, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran, Post Code: 97174 – 34765.

Abstract- proper choice for describing images captured by ordinary optic sensors. In order to cover all spectrum and extracting better features filter banks are usually used. Although there is different scales and orientations in filter bank, but using proper values for other parameters such as maximum frequency, filters' dimension and length of arc can effectively impact on final result. In this paper Meta-heuristic methods are used to estimate optimum values for these parameters. According to obtained results, in identification using Optimum Arc-Gabor Filter Bank (OAGFB) trained by Improved Gravitational Search Algorithm, the average of 1st Rank identification rate is increased from 79.43 to 95.71% and in verification by optimizing proposed filter bank using Simulated Annealing the average of Equal Error Rate is decreased from 8.84 to 5.12%.

Keywords- Arc-Gabor filter-bank, Identification, Palm-Print, Verification.

استخراج ویژگی‌های متمایزکننده با بهره‌گیری از فیلتربانک کمائی گابور بهینه به منظور تشخیص هویت با استفاده از اثر کف دست

مهران تقی‌پور گرچی کلایی*^۱، سید محمد رضوی^۲

۱- گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

smrazavi@birjand.ac.ir، mtaghipour@birjand.ac.ir

* نشانی نویسنده مسئول: مهران تقی‌پور گرچی کلایی، ایران - خراسان جنوبی - بیرجند - شوکت‌آباد - دانشگاه سراسری بیرجند.

چکیده- یکی از مؤثرترین توصیفگرهای مطرح برای بافت، فیلتر گابور می‌باشد. فیلتر کمائی گابور انتخاب مناسبی برای توصیف تصاویری است که با استفاده از حسگرهای بدون تماس نوری معمولی گرفته شده‌اند. به‌منظور تحت پوشش قرار دادن گستره کامل فرکانسی و استخراج ویژگی‌های متمایزکننده عموماً از فیلتربانک استفاده می‌شود. اگرچه در یک فیلتربانک مقیاس‌ها و زوایای چرخش مختلف را داریم، اما انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترهایی مانند فرکانس ماکزیمم، ابعاد فیلتر و طول کمان می‌توانند تأثیر بسزایی در نتیجه نهایی داشته باشد. در این مقاله برای تخمین مقادیر بهینه پارامترها از الگوریتم‌های فرا ابتکاری استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده در شناسایی هویت با استفاده از توصیفگر فیلتر بانک کمائی گابور بهینه‌شده با الگوریتم بهبودیافته جستجوی گرانشی میانگین نرخ شناسایی هویت مرتبه اول از ۷۹/۴۳ به ۹۵/۷۱ درصد افزایش یافته و در تأیید هویت با بهینه کردن فیلتربانک پیشنهادی با استفاده از الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده میانگین خطای معادل EER از ۸/۸۴ به ۵/۱۲ کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: فیلتربانک کمائی گابور، شناسایی هویت، اثر کف دست، تأیید هویت.

۱- مقدمه

خطوط استوار هستند [۳-۴]. ژانگ با استفاده از بسط موجک و مدل‌سازی فضای جهت‌دار ویژگی‌های خطوط اصلی را استخراج کرد [۵]. همچنین به‌عنوان مثالی دیگر در مقاله [۶]، آقای ژوانگ و همکارانش روشی مبتنی بر استخراج خطوط اصلی در اثرکف دست ارائه کردند. ویژگی‌های مبتنی بر جهت جزو بهترین ویژگی‌ها برای تأیید هویت می‌باشند، چرا که این نوع ویژگی‌ها قدرت تفکیک‌پذیری بالایی نسبت به سایر ویژگی‌ها دارند و نسبت به تغییرات نور نیز مقاوم هستند. ولی شدیداً نسبت به کیفیت تصویر حساس هستند [۷]. همچنین کد رقابتی [۸] و کد جهت‌دهی اثرکف دست (POC) [۹] از این نوع روش‌ها هستند. در روش‌های مبتنی بر ظاهر سعی بر آن است با استفاده از نگاهی کلی به تصویر ورودی، اعمال یک تبدیل

امروزه اثرکف دست به‌عنوان یکی از زیست‌سنج‌های مطرح با قابلیت اطمینان بالا بسیار مورد توجه قرار گرفته‌است. در اثر کف دست لبه‌ها، نقاط تنها، نقاط مینوشیا، خطوط اصلی، چین و چروک‌ها و بافت می‌توانند معیارهای مناسب برای شناسایی و مخصوصاً تأیید هویت فرد باشند [۱-۲]. به صورت کلی روش‌های تأیید هویت از طریق اثرکف دست را می‌توان به چهار روش عمده که عبارتند از روش‌های مبتنی بر خط، روش‌های مبتنی بر جهت، روش‌های مبتنی بر ظاهر و روش‌های مبتنی بر بافت تقسیم نمود. خط در این زیست‌سنج پایه‌ای‌ترین ویژگی می‌باشد، به صورتی که اکثر روش‌های مطرح شده در این حوزه بر روی استخراج ویژگی از

۲- روش پیشنهادی

در ابتدا تصویر دست ورودی توسط یک دوربین دیجیتال معمولی گرفته می‌شود، سپس طی یک عملیات پیش پردازش اثر کف دست از تصویر اصلی جدا شده [۱۸] و فیلتر بانک کمافی گابور با پارامترهای بهینه شده به آن اعمال می‌شود. از پاسخ هر یک از فیلترهای کمافی گابور بردار ویژگی استخراج شده و در نهایت با کنار هم قرار دادن بصورت سری بردار ویژگی نهایی بدست می‌آید. در شناسایی هویت بردار ویژگی با بردارهای ذخیره شده در پایگاه داده انطباق داده می‌شود و اثر کف دست ورودی به هویت منتسب می‌گردد که بیشترین انطباق را داشته باشد. در تأیید هویت نیز بردار ویژگی با بردارهای ویژگی و ویژگی که برای هویت ادعایی در پایگاه داده ذخیره شده است انطباق داده می‌شود و پس از مقایسه با حد آستانه مورد نظر براساس ملاحظات امنیتی، هویت مورد تأیید واقع می‌گردد و یا رد می‌شود.

۲-۱- فیلتر بانک کمافی گابور

رابطه (۱) تابع فیلتر کمافی گابور را نشان می‌دهد. همانند فیلتر گابور استاندارد از سه قسمت تشکیل شده است؛ حامل مختلط سینوسی، پوش گوسی و ضریب K که در اینجا متغیر است.

$$Arc_Gabor(x, y) = \sum_{i=1}^n K_i \cdot W_{i,r}(x, y) \cdot S_i(x, y) \quad (1)$$

در رابطه فوق، n بیانگر تعداد پیکسل‌های کمان است، یعنی به ازای هر پیکسل بر روی کمان پایه یک فیلتر گابور شکل می‌گیرد و در نهایت این فیلترهای پایه با یکدیگر جمع شده و فیلتر گابور کمافی اصلی را می‌سازند. رابطه (۲) و (۳) به ترتیب پوش گوسی و حامل مختلط سینوسی هستند که بر روی پیکسل‌های کمان پایه اعمال می‌شوند.

$$w_{i,r}(x, y) = \exp(-(\alpha^2(x - arc_{i,x})_r^2 + \beta^2(y - arc_{i,y})_r^2)) \quad (2)$$

$$S_i(x, y) = \exp(j(2\pi F_0(\alpha(x - arc_{i,x})_r^2 + \beta(y - arc_{i,y})_r^2) + P)) \quad (3)$$

به منظور حفظ ساختار گوسی در طول کمان ضریب C_{arc} به ضریب K در رابطه (۴) اضافه شده است، به صورتی که بیشترین مقدار ضریب برای مرکز کمان است و هرچقدر از مرکز کمان فاصله می‌گیریم به صورت نمایی این مقدار کم می‌شود.

$$K = C_{arc} \frac{F_0^2}{\pi\lambda\eta}, \quad C_{arc} = \exp(-\chi^2(\varphi_i - \varphi_c)^2) \quad (4)$$

در رابطه فوق φ_c زاویه کمان مرکزی است، α ، β و χ پارامتر مقیاس بوده که از رابطه (۵) به دست می‌آید.

اولیه در حوزه مکان و یا فرکانس و سپس استفاده از روش‌های مانند PCA، LDA و ICA [۱۰-۱۲] جهت استخراج مؤلفه‌های اصلی، ویژگی‌هایی استخراج کردند که از دقت بالایی برخوردار باشند. چنانچه اثر کف دست قبلاً تحت همین شرایط دیده شده باشد یعنی شباهت بین تصاویر آموزشی و آزمایشی بصورت قابل ملاحظه بالا باشد قابلیت اطمینان این روش‌ها مناسب است، در غیر اینصورت از دقت پایینی برخوردار هستند. بعلاوه در روش‌های مبتنی بر ظاهر ویژگی‌های دریافت شده، ویژگی‌های کلی از تصویر هستند و ثابت نگه داشتن حالت کف دست در آنها در طول عمر یک انسان عموماً کار دشواری است.

روش‌هایی که تاکنون ذکر شد، عموماً در شرایطی که کیفیت تصویر پایین باشد، وضوح تصویر پایین باشد، زاویه و موقعیت تصویر تغییر کند و بطور کلی در هنگام بروز مشکلاتی از این قبیل با افت عملکرد مواجه می‌شوند، این نواقص در روش‌های مبتنی بر بافت برطرف گردید [۱۳]. تابع تبدیل گابور یکی از موفق‌ترین ابزار مطرح شده برای استخراج ویژگی از بافت می‌باشد که در این حوزه کاربرد فراوانی داشته است. برای مثال در مقاله [۱۴] از روشی مبتنی بر تابع تبدیل گابور برای شناسایی کف دست استفاده شده است. در این مقاله ابتدا تصویر ورودی با تابع تبدیل گابور کانالو می‌شود، سپس پاسخ فیلتر گابور به چهار قسمت غیر همپوشان تقسیم می‌شود، مجدداً بلوک‌ها به چهار زیر بلوک تقسیم می‌شوند (مجموعه ۱۶ بلوک غیرهم‌پوشان) و در نهایت در هر زیر بلوک مقدار میانگین انرژی و انحراف از معیار پیکسل‌ها محاسبه و به صورت بردار ویژگی مرتب می‌شوند.

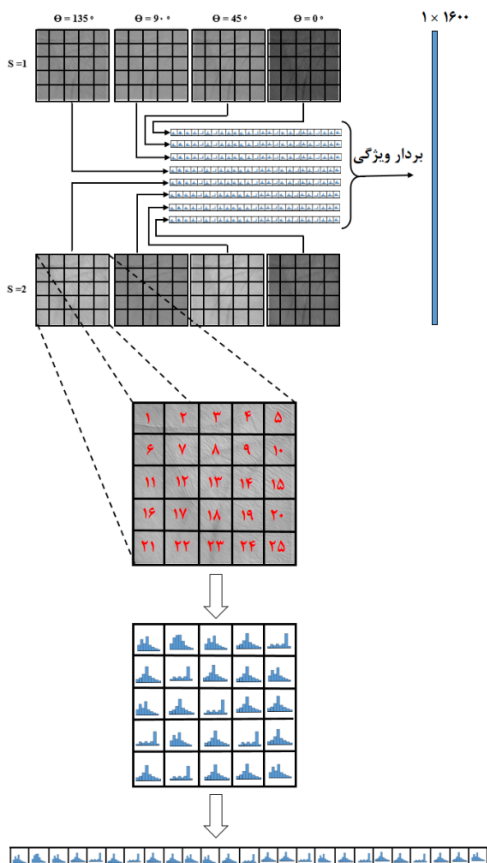
به منظور استخراج ویژگی بافت در راستاهای دیگر فیلتر بانک گابور مطرح شده است. فیلتر بانک گابور با توجه به اینکه زوایای گوناگون و فرکانس‌های مختلفی را تحت پوشش قرار می‌دهد، کاربرد گسترده‌ای در سیستم‌های تأیید هویت مبتنی بر زیست‌سنجه‌ها پیدا کرده است [۱۵-۱۶]. بر همین اساس در این مقاله از فیلتر بانک کمافی گابور [۱۷] برای استخراج ویژگی استفاده شده است. فیلتر بانک کمافی گابور در ۲ مقیاس و ۴ زاویه چرخش طراحی شده است. همچنین از الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری برای یافتن بهینه‌ترین مقادیر برای پارامترهای دیگر فیلتر کمافی گابور مانند ابعاد فیلتر، فرکانس ماکزیمم و طول کمان استفاده شده است.

در ادامه این مقاله، در بخش دوم روش پیشنهادی با جزئیات مطرح شده، سپس در بخش سوم نتایج تشخیص هویت با استفاده از روش پیشنهادی بیان می‌گردد و در انتها نتیجه‌گیری در بخش چهارم ارائه می‌گردد.

تعداد بلوک غیرهمپوشان و مجموعه ویژگی‌های هیستوگرام موجود در آن بلوک باشد، آنگاه بردار ویژگی هیستوگرام برای پاسخ فیلتر i و z برابر خواهد بود با $H_{ij} = \{HB_{1i}, HB_{2i}, \dots, HB_{ni}\}$ که i و z به ترتیب بیانگر مقیاس i ام و چرخش z ام می‌باشند. با الصاق بردارهای ویژگی به دست آمده از تمام پاسخ‌های فیلتربانک بردار ویژگی نهایی به دست می‌آید. رابطه (۷) بردار ویژگی هیستوگرام گابور بافت تصویر اثر کف دست ورودی خواهد بود.

$$H = \{H_{11}, \dots, H_{1j}, H_{21}, \dots, H_{2j}, H_{i1}, \dots, H_{ij}\} \quad (۷)$$

با توجه به آنکه ابعاد تصاویر کف دست استخراج شده 400×400 در نظر گرفته شده است و ابعاد بلوک استخراج ویژگی و تعداد ویژگی هیستوگرام استخراج شده از هر بلوک بترتیب 80×80 و $2^3 = 8$ ویژگی لحاظ شده‌اند، بنابراین طول بردار ویژگی برای هر اثر کف دست ورودی برابر است با $1600 = 2 \times 4 \times 8 \times 25$ (طول بردار ویژگی = تعداد دوران \times تعداد مقیاس \times طول ویژگی در هر بلوک غیرهمپوشان \times تعداد بلوک‌های غیرهمپوشان). شکل (۲) فرآیند تولید بردار ویژگی از پاسخ‌های فیلتربانک کمانی گابور را مطابق رابطه (۷) نشان می‌دهد.



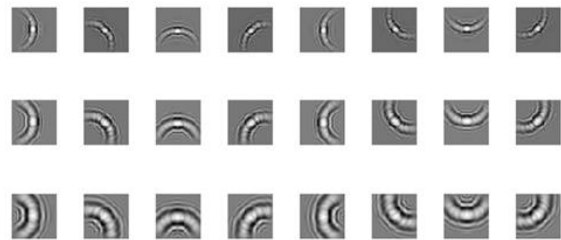
شکل ۲: فرآیند تولید بردار ویژگی از روی پاسخ فیلتربانک کمانی گابور

$$\alpha = \frac{F_0}{\lambda}, \beta = \frac{F_0}{\eta}, \chi = \frac{F_0}{\zeta} \quad (۵)$$

در رابطه فوق F_0 بیانگر فرکانس اعمالی فیلتر کمانی گابور است که براساس فرکانس ماکزیمم و مقیاس در نظر گرفته شده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود. همچنین λ ، η و ζ ضرایب فرکانس فضایی می‌باشند.

$$F_0 = \frac{f_{max}}{(\sqrt{2})^{(s-1)}} \quad (۶)$$

شکل (۱) چند نمونه از فیلتر کمانی گابور با طول 180 درجه در زوایای مختلف و فرکانس‌های متفاوت را نشان می‌دهد که براساس روابط فوق ایجاد شده‌اند.



شکل ۱: فیلتر کمانی گابور در زوایای مختلف از سمت چپ 180 ، 135 ، 90 ، 45 ، 0 ، 180 ، 135 ، 90 ، 45 ، 0 به ازای فرکانس‌های مختلف.

همانطور که ملاحظه می‌شود، به پارامترهای فیلتر کمانی گابور نسبت فیلتر گابور استاندارد علاوه بر ابعاد فیلتر، فرکانس ماکزیمم، مقیاس و زاویه چرخش، طول کمان نیز اضافه شده است. عموماً به دلیل پوشش تمام طیف فرکانسی موجود در تصویر بافت برای استخراج حداکثری ویژگی‌ها از فیلتر بانک استفاده می‌شود. به همین منظور با استفاده از فیلتر گابور در زوایای چرخش مختلف و مقیاس‌های مختلف یک بانک فیلتری تشکیل می‌شود. اگرچه فرکانس فیلتر F_0 از اهمیت بالایی برخوردار است، اما نمی‌توان از نقش پارامترهای دیگر در نتیجه نهایی صرف‌نظر نمود. بدیهی است همواره نمی‌توان با سعی و خطا به بهترین پارامترها دست یافت، لذا بهترین انتخاب استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری هستند که می‌توانند با انتخاب یک تابع هدف مناسب بهینه‌ترین مقادیر را در اختیار کاربر قرار دهند.

۲-۱-۱- استخراج ویژگی

برای استخراج بردار ویژگی ابتدا فیلتر بانک پیشنهادی به تصویر ورودی اعمال می‌شود، با فرض اینکه تعداد مقیاس‌های در نظر گرفته شده S_i باشد و تعداد زوایای چرخش θ_j آنگاه تعداد فیلترها و پاسخ اندازه فیلترها برابر خواهد بود با $S_i \times \theta_j$. هر پاسخ فیلتربانک به بلوک‌های غیرهمپوشان تقسیم می‌شود و از هر بلوک ویژگی‌های هیستوگرام استخراج می‌گردد. با فرض اینکه B_n و HB_n به ترتیب

۲-۲- بهینه‌سازی فیلتربانک کمائی گابور

همانطور که پیش از این نیز اشاره شد، به منظور بهینه کردن فیلتربانک مورد استفاده، پارامترهای دیگر فیلتر کمائی گابور از طریق الگوریتم‌های فراابتکاری بهینه خواهند شد. در این مقاله الگوریتم‌های مطرح مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت تا منطبق‌ترین الگوریتم به روش پیشنهادی برای مدل نهایی استفاده شود. تاکنون الگوریتم‌های متعددی با الهام گرفتن از طبیعت و انسان مطرح شده‌اند که به صورت کلی می‌توانیم آنها را به دو گروه عمده روش-های تکاملی^۱ و هوش جمعی^۲ تقسیم کنیم [۱۹]. به‌عنوان الگوریتم‌های تکاملی می‌توان از الگوریتم ژنتیک^۳ و الگوریتم جستجوی هارمونی^۴ [۲۰-۲۱] نام برد. همچنین از الگوریتم‌های هوش جمعی نیز می‌توان به الگوریتم بهبودیافته بهینه‌سازی جمعیت ذرات^۵ [۲۲]، بهبودیافته الگوریتم جستجوی گرانشی^۶ [۲۳] و تبرید شبیه‌سازی^۷ [۲۴] اشاره کرد. شکل (۳) روندنمای استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی فراابتکاری برای تولید فیلتربانک کمائی گابور بهینه^۸ را نشان می‌دهد.

یکی از بخش‌های تأثیرگذار در روند بهینه‌سازی تابع هدف مورد استفاده است. در این مقاله ترکیبی خطی از نرخ خطای شناسایی هویت و نرخ خطای معادل تأیید هویت استفاده شده است. علت انتخاب این نوع ترکیب به دلیل ارتباط معنی‌داری است که بین تأیید هویت و شناسایی هویت وجود دارد. پرواضح است در صورتی که توصیفگر بتواند منجر به بالا بردن اختلاف بین کلاسی و کاهش اختلاف درون کلاسی شود، هم خطای تأیید هویت کاهش خواهد یافت و هم نرخ شناسایی صحیح افزایش خواهد یافت. رابطه (۸) بیانگر تابع هدف پیشنهادی است.

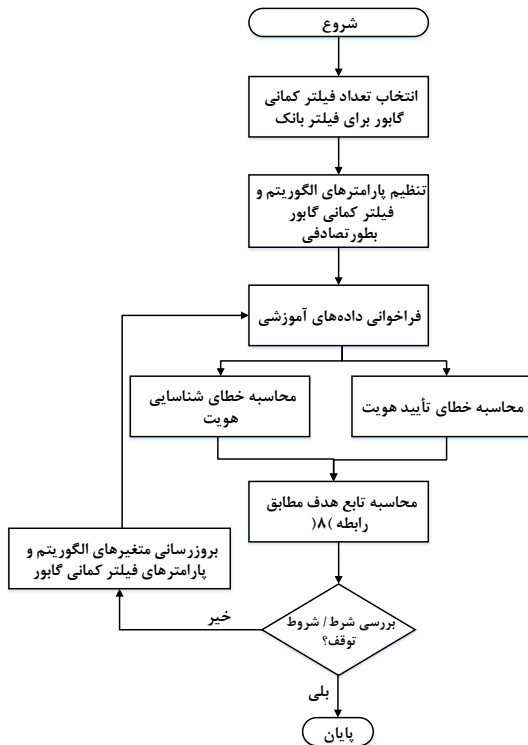
$$CostFunction = ERR + IER \quad (8)$$

در رابطه فوق IER^9 نرخ خطا در شناسایی هویت می‌باشد که از رابطه $(IER = 1 - TPIR)$ بدست می‌آید. شایان ذکر است $TPIR^{10}$ نرخ مثبت صحیح در شناسایی هویت می‌باشد. EER^{11} بیانگر حداقل فاصله بین دو خطای FAR^{12} و FRR^{13} به ازای تغییرات حد آستانه تأیید هویت از ۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. همچنین مقادیر FAR و FRR برای هر حدآستانه بترتیب با استفاده از روابط (۹) و (۱۰) محاسبه می‌شوند.

$$FAR = \frac{FP}{FP + TN} \quad (9)$$

$$FRR = \frac{FN}{TP + FN} \quad (10)$$

که در روابط فوق FP^{14} ، TN^{17} ، FN^{15} و TP^{16} بترتیب مثبت کاذب، منفی کاذب، مثبت صحیح و منفی صحیح می‌باشند که از ماتریس ابهام یک مسأله دو کلاسه بدست می‌آیند.



شکل ۳: روندنمای استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری در آموزش فیلتربانک کمائی گابور

۳- شبیه‌سازی و تحلیل نتایج

در تمام مراحل شبیه‌سازی، عمل انطباق براساس معیار همبستگی دو بردار انجام شده است. در این معیار میزان همبستگی یا به عبارتی شباهت دو بردار ویژگی x و y از طریق رابطه (۱۱) محاسبه می‌شود. چنانچه دو بردار کاملاً بر هم منطبق باشند یا به هم نزدیک باشند، این مقدار همبستگی به واحد یا معادل آن ۱۰۰ نزدیک می‌شود و هرچقدر دو بردار از یکدیگر دور باشند این مقدار به صفر نزدیک‌تر می‌شود.

$$D_{xy} = 100 \times \frac{(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{(y - \bar{y})(y - \bar{y})} \sqrt{(x - \bar{x})(x - \bar{x})}} \quad (11)$$

که در اینجا D_{xy} معیار همبستگی دو بردار را نشان می‌دهد، \bar{x} و \bar{y} به ترتیب مقادیر متوسط بردارهای x و y هستند. شایان ذکر است محاسبات در نرم افزار متلب نسخه ۲۰۱۶a در لپ‌تاپ شخصی با پردازنده ۲ گیگاهرتز AMD و ۸ گیگابایت رم انجام پذیرفته است.

۳-۱- پایگاه داده مورد استفاده

پایگاه تصاویر دست COEP [۲۵] توسط دانشگاه پونه منتشر شده است که نتیجه یک سال تصویربرداری از دست ۱۶۸ نفر است که از هر کدام ۸ تصویر در پایگاه داده ثبت شده است. تصاویر به وسیله یک دوربین دیجیتال معمولی به‌صورت رنگی در فرمت RGB گرفته

شده است و در قالب JPG و در ابعاد 1200×1600 پیکسل ذخیره شده‌اند. با وجود آنکه در سایت این پایگاه داده به تعداد ۱۶۸ نفر اشاره شده است، اما تصاویر موجود در پایگاه داده ۱۶۳ نفر می‌باشد (کد نفراتی که در این پایگاه داده وجود ندارند به ترتیب عبارتند از: ۶، ۱۶، ۵۲، ۸۶ و ۱۶۸). لذا مجموع کل تصاویر موجود برابر است با ۱۳۰۴. در شکل (۴) چند نمونه از تصاویر این پایگاه داده نشان داده شده است.

۳-۲- تخمین مقادیر بهینه پارامترها

پس از تنظیم پارامترهای اولیه برای الگوریتم‌های فراابتکاری در نظر گرفتن ۲ مقیاس و ۴ زاویه (عبارتند از: ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه) فرآیند تخمین انجام پذیرفته است.

جدول ۱: پارامترها و بازه تغییرات فیلتر کمانی گابور

پارامتر	ابعاد فیلتر (پیکسل)	فرکانس ماکزیمم (هرتز)	طول کمان (رادیان)
علامت اختصاری	d	f_{max}	L
بازه تغییرات	۵ تا ۵۰	۰/۰۰۱ تا ۱	۰ تا 0.5π

جدول ۲: پارامترهای تخمین زدن شده توسط الگوریتم‌های

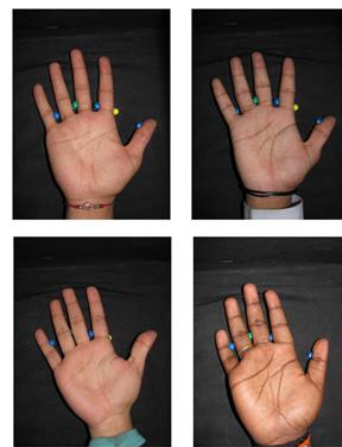
فراابتکاری در مرحله آموزش

مقدار تابع هزینه	پارامترهای فیلتربانک کمانی گابور				الگوریتم فراابتکاری	
	L	f_{max}	d_2	d_1		
۱۲/۸۶	۱۵/۸۳	۰/۸۷۸۱	۲۴	۱۷	GA	تکرار اول
۸/۲۷	۱۲/۰۳	۰/۹۹۵۴	۸	۱۲	HS	
۷/۸۴	۹/۲۱	۰/۸۸۱۸	۲۳	۲۲	IPSO	
۱۵/۵۹	۲۵/۰۲	۰/۶۹۹۵	۱۳	۶	IGSA	
۷/۱۳	۶/۵۷	۰/۸۹۳۱	۲۰	۲۱	SA	تکرار دوم
۲۰/۹۸	۱۹/۴۳	۰/۹۵۶۲	۱۱	۱۱	GA	
۹/۵۸	۶/۱۱	۰/۸۹۴۷	۲۲	۱۷	HS	
۱۳/۰۳	۱/۷۶	۰/۸۴۴۶	۲۱	۱۶	IPSO	
۱۳/۳۳	۲۴/۹۳	۰/۹۴۸۶	۹	۱۱	IGSA	تکرار سوم
۱۵/۳۰	۱۶/۶۳	۱/۰۰	۱۴	۷	SA	
۷/۱۶	۱۹/۴۳	۰/۹۸۶۰	۱۳	۱۲	GA	
۹/۴۰	۶/۱۱	۰/۹۶۱۵	۸	۸	HS	
۷/۹۵	۱/۷۶	۰/۹۹۶۵	۶	۱۴	IPSO	تکرار سوم
۷/۸۷	۲۴/۹۴	۰/۸۵۵۵	۲۱	۲۳	IGSA	
۸/۹۰	۱۶/۶۴	۰/۸۹۲۲	۲۰	۱۶	SA	

۳-۳- نتایج شناسایی هویت

با توجه به پارامترهای تخمین زده شده در مرحله آموزش، الگوریتم‌های فراابتکاری در مرحله آزمایش مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در شکل (۵) میانگین مقادیر شناسایی هویت (Avg. TPIR) به ازای رتبه‌های (Ranks) مختلف برای ۳ تکرار مجزا الگوریتم بصورت منحنی انطباق تجمعی^{۱۸} نشان داده شده است.

شکل ۴: نمونه‌هایی از تصاویر موجود در پایگاه داده COEP



شکل ۴: نمونه‌هایی از تصاویر موجود در پایگاه داده COEP

به منظور ایجاد شرایط متنوع، بالا رفتن اعتبار نتایج و همچنین اجتناب از بیش‌برازش در ارزیابی روش پیشنهادی از روش اعتبارسنجی متقابل k تایی با $k=3$ استفاده شده است. به این ترتیب، تصاویر افراد ثبت شده در پایگاه داده به ۳ بخش تقسیم شده‌اند. لذا ارزیابی روش پیشنهادی در سه تکرار مجزا انجام شده است. در هر تکرار یک بخش از ۳ بخش اصلی معادل تصاویر اثر کف دست ۵۵ نفر به‌عنوان داده‌های آموزشی و مابقی به‌عنوان داده‌های آزمایش استفاده شده‌اند.

شایان ذکر است بصورت کلی از ۸ تصویر موجود برای هر فرد در پایگاه داده، ۵ تصویر به‌صورت تصادفی به‌عنوان گالری فرد و ۳ تصویر باقی‌مانده به‌عنوان تصاویر اعتبارسنجی انتخاب شده‌اند.

پارامترهای الگوریتم‌های فراابتکاری بهینه‌سازی مورد استفاده عبارتند از: درصد ترکیب، درصد جهش و نرخ جهش برای الگوریتم GA به ترتیب ۰/۸، ۰/۳ و ۰/۰۲ لحاظ شده است، همچنین چرخه رولت برای انتخاب والدین مورد استفاده قرار گرفته است. برای الگوریتم IPSO $\varphi = 4/2$ و $k = 1/5$ ، برای الگوریتم IGSA $\alpha = 5$ و

جدول ۳: میانگین نرخ شناسایی مرتبه اول برای توصیفگرهای بافت به ازای سه تکرار مجزا در مقایسه با توصیفگر پیشنهادی OAGFB

توصیفگر	میانگین نرخ شناسایی مرتبه اول (%)
Histogram	۷۹/۴۳
Center of Histogram	۷۶/۳۷
Histogram of Gradient	۷۵/۷۵
Local Binary Pattern	۷۳/۵۷
Central Moment	۸۳/۰۲
Cartesian Moment	۷۱/۱۹
Scale & Translation Invariant Moment	۷۱/۵۶
OAGFB+GA	۹۴/۳۹
OAGFB+HS	۹۵/۵۰
OAGFB+IPSO	۹۴/۰۶
OAGFB+IGSA	۹۵/۷۱
OAGFB+SA	۹۵/۵۰

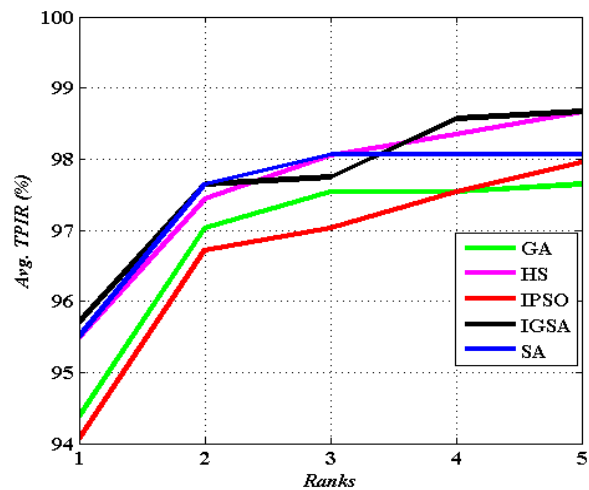
۳-۴- نتایج تأیید هویت

در تأیید هویت برخلاف شناسایی هویت فرآیند مقایسه یک‌به‌یک است به نحوی که برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های تأیید هویت از بررسی نرخ خطاهای FAR و FRR استفاده می‌کنند که به صورت منحنی DET و براساس مقدار حد آستانه امتیاز انطباق تعیین شده مقادیر مختلفی را به خود می‌گیرند. از سویی نقطه‌ای که این دو خط با جابجایی حد آستانه برابر می‌شوند نیز بعنوان شاخص عملکرد کل سیستم معرفی می‌گردد. لذا شکل (۵) و جدول (۴) به ترتیب منحنی DET برای توصیفگر پیشنهادی به ازای استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و مقایسه مساحت زیر سطح منحنی (AUC) برای هر یک از آنها را نشان می‌دهد. همچنین به منظور مقایسه عملکرد توصیفگر پیشنهادی و توصیفگرهای دیگر نتایج مقایسه مقادیر EER در جدول (۷) نشان داده شده است.

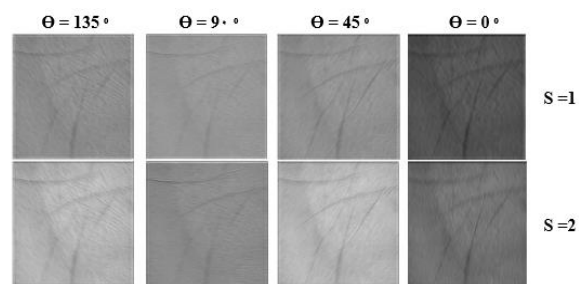
با توجه به نتایج به دست آمده مشاهده می‌شود اگرچه ویژگی‌های به دست آمده توسط گشتاور مرکزی نرخ خطای کمی در تأیید هویت دارد اما توصیفگر پیشنهادی نیز عملکرد مطلوبی را ارائه داده است، به نحوی که با استفاده از الگوریتم SA میانگین نرخ خطای معادل تأیید هویت تا ۵/۱۲٪ نیز کاهش یافته است. همچنین جدول (۴) نشان می‌دهد رقابت نزدیکی بین IGSA و SA وجود دارد اما با لحاظ نمودن مصالحه‌ای بین مقادیر EER و AUC می‌توان گفت الگوریتم SA از عملکرد بهتری برخوردار است. شکل (۸) نمونه‌ای از پاسخ فیلتر کمافی گابور بهینه آموزش دیده با الگوریتم SA را به ازای پارامترهای تخمین زده شده در تکرار اول نشان می‌دهد.

همچنین جدول (۳) مقایسه توصیفگر پیشنهادی و دیگر توصیفگرهای مطرح برای بافت را نشان می‌دهد. شایان ذکر است برای انجام آزمایش‌ها از روش اعتبار سنجی متقابل ۳-باره (3-fold) استفاده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان به دو نتیجه دست یافت؛ اول اینکه به صورت کلی توصیفگر پیشنهادی مبتنی بر فیلتربانک کمافی گابور عملکرد مطلوب‌تری نسبت به توصیفگرهای دیگر دارد، دوم اینکه در بین الگوریتم‌های فراابتکاری الگوریتم‌های مبتنی بر هوش جمعی و مخصوصاً الگوریتم IGSA از عملکرد بهتری نسبت به مابقی الگوریتم‌ها برخوردار است. شکل (۶) نمونه‌ای از پاسخ فیلتر کمافی گابور بهینه آموزش دیده با الگوریتم IGSA را به ازای پارامترهای تخمین زده شده در تکرار سوم نشان می‌دهد.



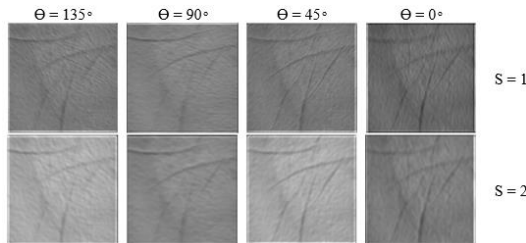
شکل ۵: منحنی CMC برای الگوریتم‌های بهینه‌سازی



شکل ۶: نمونه‌ای از پاسخ فیلتر کمافی گابور بهینه شده با الگوریتم IGSA به تصویر ورودی اثر کف دست

جدول ۴: مقایسه عملکرد الگوریتم‌های فراابتکاری مورد مطالعه براساس مساحت زیر سطح منحنی (AUC) توصیفگر

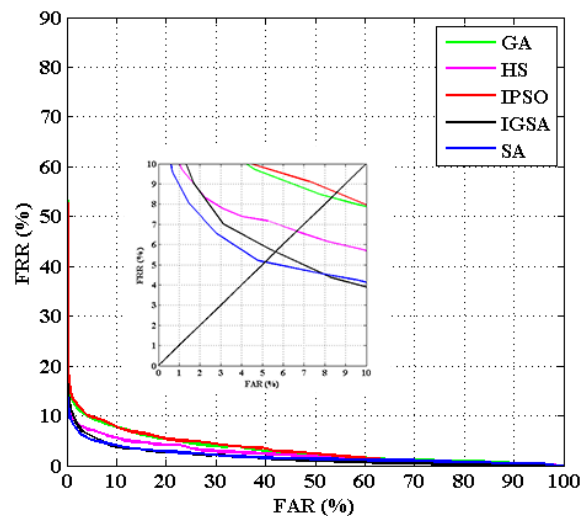
AUC	توصیفگر
۳۳۴/۹۴۶۵	OAGFB+GA
۲۴۸/۵۳۲۹	OAGFB+HS
۳۳۸/۲۳۳۴	OAGFB+IPSO
۱۸۵/۵۱۱۴	OAGFB+IGSA
۲۰۱/۰۱۹۶	OAGFB+SA



شکل ۸: نمونه‌ای از پاسخ فیلتر کمانی گابور بهینه‌شده با الگوریتم SA به تصویر ورودی اثر کف دست

۳-۵- تأثیر نویز بر عملکرد توصیفگر پیشنهادی

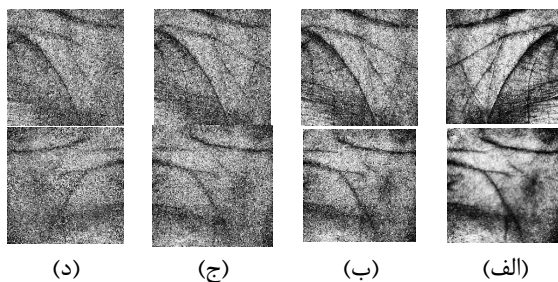
همواره عوامل متعددی همچون کثیف بودن دست، وجود گرد و غبار در هوا و همچنین کثیف بودن لنز دوربین می‌تواند نویزهای ناخواسته‌ای را بر روی تصویر دریافتی ایجاد کند. در این بخش به منظور ارزیابی عملکرد توصیفگر پیشنهادی، عملکرد آن در حضور نویز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. همانطور که در شکل (۹) نشان داده شده است، با فرض میانه صفر در چهار سطح با واریانس‌های ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۷ و ۰/۰۱ نویز گوسی به پایگاه داده اعمال گردید. اشکال (۱۰) و (۱۱) به ترتیب روند تغییرات نرخ شناسایی هویت (مرتبه اول) و تأیید هویت را برای حالات مختلف حضور و عدم حضور نویز نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان از عملکرد قابل قبول روش پیشنهادی در هنگام حضور نویز را نشان می‌دهد.



شکل ۷: منحنی DET برای الگوریتم‌های بهینه‌سازی

جدول ۴: میانگین نرخ خطای معادل EER برای توصیفگرهای بافت به ازای سه تکرار مجزا در مقایسه با توصیفگر پیشنهادی OAGFB

توصیفگر	نرخ خطای EER (%)
Histogram	۸/۸۴
Center of Histogram	۱۳/۲۷
Histogram of Gradient	۸/۳۵
Local Binary Pattern	۹/۴۲
Central Moment	۵/۳۲
Cartesian Moment	۴۶/۹۹
Scale & Translation Invariant Moment	۹/۸۳
OAGFB+GA	۸/۲۲
OAGFB+HS	۶/۶۸
OAGFB+IPSO	۸/۳۴
OAGFB+IGSA	۵/۶۳
OAGFB+SA	۵/۱۲



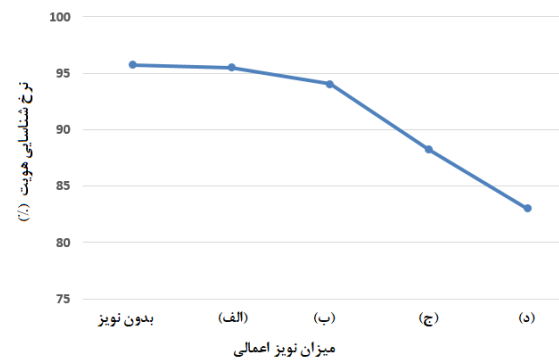
شکل ۹: اعمال نویز گوسی بر روی پایگاه داده مورد مطالعه با میانه صفر و واریانس به ترتیب (الف) ۰/۰۰۱، (ب) ۰/۰۰۴، (ج) ۰/۰۰۷ و (د) ۰/۰۱.

مبتنی بر هوش جمعی عملکرد بهتری را از خود نشان داده‌اند به نحوی که در شناسایی هویت بالاترین میانگین نرخ شناسایی مرتبه اول ۹۵/۷۱٪ با استفاده از الگوریتم IGSA به دست آمده و برای تأیید هویت کمترین خطا با استفاده از الگوریتم SA به دست آمده است.

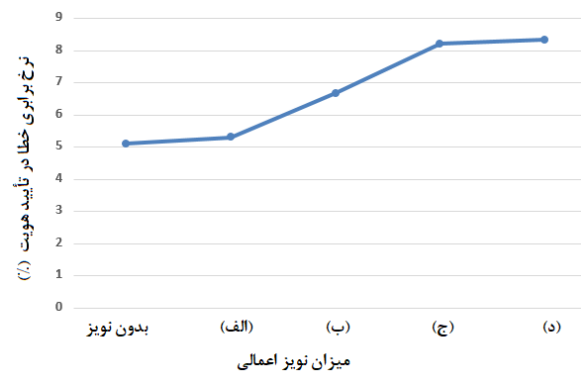
اگرچه نتایج به دست آمده در قیاس با توصیفگرهای متداول تحلیل بافت از عملکرد امیدوارکننده‌ای برخوردار است، اما نتایج حاصله را نمی‌توان نهایی دانست. پیش‌بینی می‌شود در کارهای آتی با پیش‌پردازش مناسب و ارتقاء کیفیت تصویر و همچنین بهینه کردن تعداد زوایا و همچنین مقیاس‌ها بتوان به نتایج بهتری در شناسایی و تأیید هویت دست یافت.

مراجع

- [1] W. Shu and D. Zhang, "Automated Personal identification by Palmprint, Optical Engineering", Vol. 37, No. 8, pp. 2359-2362, 1998.
- [2] S. John, and K. Raimond, "A Survey on Feature Extraction Techniques for Palm print Identification", International Journal of Computational Engineering Research, Vol. 3, No. 12, pp. 14-18, 2013.
- [3] K.Y. Rajput, M. Amanna, M. Jagawat, and M. Sharma, "Palmprint Recognition Using Image Processing", International Journal of Computing Science and Communication Technologies, Vol. 3, No. 2, pp. 618-621, 2011.
- [4] W. Li, B. Zhang, L. Zhang, and J. Yan, "Principal Line-Based Alignment Refinement for Palmprint Recognition", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part C: Applications And Reviews, Vol. 42, No. 6, pp. 1491-1499, 2012.
- [5] L. Zhang and D. Zhang, "Characterization of Palmprints by Wavelet Signatures via directional Context modelling", IEEE Transaction on System Man and Cybernetic. B., Vol. 34, No. 3, pp. 1335-1347, 2004.
- [6] De-Sh. Huang, W. Jia, and D. Zhang, "Palmprint verification based on principal lines", Pattern Recognition, Vol. 41, pp. 1316 - 1328, 2008.
- [7] F. Yue, B. Li, M. Yu, and J. Wang, "Hashing Based Fast Palmprint Identification for Large-Scale Databases", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 8, No. 5, pp. 769-788, 2013.
- [8] Kongand and D. Zhang, "Competitive coding scheme for Palmprint verification", In Proceedings of the 17th ICPR, Vol. 1, pp. 520-523, 2004.
- [9] X. Q. Wu, K. Q. Wang, and D. Zhang, "Palmprint Authentication based on Orientation Code Matching", In AVBPA, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3546, pp. 555-562, 2005.
- [10] B. Zhang, W. Li, P. Qing, and D. Zhang, "Palm-Print Classification by Global Features", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, Vol. 43, No. 2, pp. 370-378, 2013.
- [11] Sh. Saedi, and N. M. Charkari, "Palmprint authentication based on discrete orthonormal S-Transform", Applied Soft Computing, Vol. 21 pp. 341-351, 2014.
- [12] G.S. Badrinath, and Ph. Gupta, "Palmprint based recognition system using phase-difference information", Future Generation Computer Systems, Vol. 28, pp. 287-305, 2012.
- [13] W. K. Kong, D. Zhang, and W. Li, "Palmprint feature extraction using 2-D Gabor filters", Pattern Recognition, Vol. 36, pp. 2339 - 2347, 2003 .



شکل ۱۰: تغییرات نرخ شناسایی هویت مرتبه اول بر روی پایگاه داده مورد مطالعه در حالت بدون نویز و حالات اعمال نویز گوسی با میانه صفر و واریانس به ترتیب (الف) ۰/۰۰۱، (ب) ۰/۰۰۴، (ج) ۰/۰۰۷ و (د) ۰/۰۱.



شکل ۱۱: تغییرات نرخ برابر خطا در تأیید هویت (EER) بر روی پایگاه داده مورد مطالعه در حالت بدون نویز و حالات اعمال نویز گوسی با میانه صفر و واریانس به ترتیب (الف) ۰/۰۰۱، (ب) ۰/۰۰۴، (ج) ۰/۰۰۷ و (د) ۰/۰۱.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله توصیفگری بهینه مبتنی بر فیلتر بانک کمافی گابور ارائه شده است. فیلتر کمافی گابور بدلیل ویژگی‌های منحصربه‌فردی که دارد می‌تواند خود را با بافت‌هایی که از الگوهای خمیده برخوردار هستند منطبق کند. از سویی فیلتر بانک می‌تواند با توجه به پوشش گستره فرکانسی جزئیات بیشتری از تصویر را نمایان سازد. اگرچه مقیاس و زاویه چرخش را می‌توان دو فاکتور مهم در اعمال فیلتر گابور دانست اما نمی‌توان از تأثیری که ابعاد فیلتر اعمالی و همچنین فرکانس ماکزیمم و طول کمان در نتیجه نهایی می‌گذارند صرفنظر نمود. برای یافتن مقادیر بهینه این پارامترها در این مقاله از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شده است. به‌صورت کلی چه در شناسایی هویت و چه در تأیید هویت، می‌توان اظهار داشت که با بهینه کردن فیلتر بانک کمافی گابور نتایج مطلوبی به دست آمده است که تفاوت قابل ملاحظه‌ای با دیگر توصیفگرهای مطرح دارند. از سویی همانطور که ملاحظه می‌شود، الگوریتم‌های

- قفسه سنجابی سه فاز" مجله انجمن مهندسين برق و الكترونيك ايران، دوره ۱۴، شماره ۱، ص. ۹۳-۱۰۱، ۱۳۹۶.
- [20] Z.W. Geem, J. H. Kim, and G.V. Loganathan, "A New Heuristic Optimizationalgorithm: Harmony Search", *Simulation*, Vol. 76, No. 2, PP. 60-68, 2001.
- [21] Z.W. Gemm, "Music-Inspired Harmony Search Algorithm", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.
- [22] M. Clerc and J. Kennedy, "The Particle Swarm–Explosion, Stability, and Convergence In A Multidimensional Complex Space", *IEEE Transaction on Evolutionary Computation*, Vol. 6, No. 1, PP. 58-73, 2002.
- [23] M. Yazdani-Asrami, M. Taghipour-Gorjikaia, S. M. Razavi, and S. A. Gholamian. "A Novel Intelligent Protection System for Power Transformers Considering Possible Electrical Faults, Inrush Current, CT Saturation And Over-Excitation" *Electrical Power and Energy Systems*, Vol. 64, PP. 1129–1140, 2015.
- [24] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, "Optimization by Simulated Annealing science" Vol. 220, No. 4598, PP. 671-680, 1983.
- [25] <http://www.coep.org.in/resources/coeppalmprintdatabase>
- [14] X. Pan, and Q. Q. Ruan, "Palmpoint recognition using Gabor-based local invariant features", *Neurocomputing*, Vol. 72, pp. 2040–2045, 2009.
- [15] Y. T. Luoa, L. Y. Zhaoa, B. Zhangb, W. Jiab, F. Xuea, J. T. Lua, Y. H. Zhue, and B. Q. Xu, "Local line directional pattern for Palmpoint recognition", *Pattern Recognition*, Vol. 50 pp. 26-44, 2016.
- [16] L. Feia, Y. Xua, and D. Zhangb, "Half-orientation extraction of Palmpoint features", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 69, pp. 35-41, 2016.
- [۱۷] م. تقی‌پور گرجی کلایی، س. م. رضوی و ن. مهرشاد، "بهبود کیفیت تصویر اثر انگشت با استفاده از فیلتر بانک کمافی گابور"، *مجله تخصصی انجمن ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران*، دوره ۳، شماره ۱، ص. ۱-۱۷، ۱۳۹۵.
- [۱۸] م. تقی‌پور گرجی کلایی، س. م. رضوی و ن. مهرشاد، "طراحی یک سامانه چندگانه تأیید هویت بیومتریک با استفاده از یک حسگر بدون تماس مبتنی بر اطلاعات موجود در بافت دست" *مجله علمی- پژوهشی پدافند الكترونيكي و سايبري*، دوره ۵، شماره ۱، ص. ۶۱-۷۲، ۱۸۹۶.
- [۱۹] م. تقی‌پور گرجی کلایی، م. فرشاد و س. م. رضوی، "مقایسه الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری در تخمین پارامترهای ساختاری موتور القایی

پاورقی‌ها:

¹ Evolutionary Algorithm

² SI: Swarm Intelligence

³ GA: Genetic Algorithm

⁴ HS: Harmony Search

⁵ IPSO: Improved Particle Swarm Optimization

⁶ IGSA: Improved Gravitational Search Algorithm

⁷ SA: Simulated Annealing

⁸ OAGFB: Optimum Arc-Gabor Filter Bank

⁹ IER: Identification Error Rate

¹⁰ TPIR: True Positive Identification Rate

¹¹ EER: Equal Error Rate

¹² FAR: False Acceptance Rate

¹³ FRR: False Rejection Rate

¹⁴ FP: False Positive

¹⁵ FN: False Negative

¹⁶ TP: True Positive

¹⁷ TN: True Negative

¹⁸ CMC: Cumulative Match Curve