

## طراحی یک سامانه چندگانه تأیید هویت بیومتریک با استفاده از یک حسگر بدون تماس مبتنی بر اطلاعات موجود در بافت دست

مهران تقی پور گرجی کلایی<sup>۱</sup>، سید محمد رضوی<sup>۲\*</sup>، ناصر مهرشاد<sup>۳</sup>

۱- استادیار، ۲ و ۳- دانشیار، گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه بیرجند

(دریافت: ۹۵/۰۴/۱۹، پذیرش: ۹۵/۰۸/۱۰)

### چکیده

یکی از ابزار مؤثر در ارتقاء امنیت سایبری استفاده از سامانه‌های امن، با قابلیت اطمینان مناسب برای احراز هویت فرد است. سامانه‌های مبتنی بر خصیصه‌های بیومتریک توانسته‌اند تا حدود زیادی بر این مشکل غلبه کنند. در بسیاری از موارد ملاحظات هزینه، سرعت و دقت چالش‌هایی را در انتخاب ساختار و معماری سامانه تأیید هویت ایجاد می‌کنند. در این مقاله به منظور افزایش دقت و امنیت سامانه تأیید هویت و در عین حال کاهش هزینه ساخت‌افزایی از یک حسگر برای دریافت تصویر داخل دست استفاده شده است. پس از دریافت تصویر دست، به شش زیر بخش، تقسیم‌بندی شده و در نهایت با استفاده از فیلتر بانک کماتی گابور به عنوان توصیفگر ویژگی‌های منحصربه‌فردی از تصاویر استخراج شده است. همچنین با استخراج دانش موجود در منحنی‌های FAR و FRR به منظور تخمین وزن تأییدکننده‌ها و با استفاده از جمع وزن دار امتیاز تأییدکننده‌ها برای ترکیب اطلاعات در سطح امتیاز انطباق، سامانه تأیید هویتی طراحی شده است که با وجود استفاده از یک حسگر و با بهره‌گیری از پتانسیل موجود در ساختار چندگانه میانگین خطای معادل EER آن برای پایگاه COEP حدود ۲/۲۵٪ بوده و میانگین زمان سپری شده برای تأیید هویت آن کمتر از ۰/۱۹ ثانیه است.

**واژه‌های کلیدی:** بافت دست، بیومتریک، سامانه چندگانه تأیید هویت، فیلتر بانک کماتی گابور

### ۱- مقدمه

در معرض تهدیدات مختلفی قرار بگیرند و دچار آسیب‌های گوناگون شوند. جدول (۱) ابعاد و لایه‌های امنیتی و تهدیدات حوزه سایبری منطبق بر استاندارد CCIT | ISO 7498-2:1989 Rec. X.800: 1991 را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول (۱) احراز هویت یا به عبارتی مشخص‌تر تأیید هویت یکی از ابعاد مهم امنیتی در حوزه سایبری می‌باشد که در معرض تهدیداتی چون سرقت، حذف یا از دست رفتن اطلاعات و افشای اطلاعات می‌باشد. طراحی سامانه‌ای که بتواند در عین سهولت استفاده، از دقت و سرعت مناسب برخوردار باشد، می‌تواند امنیت فضای سایبری یک زیرساخت را تا حدود قابل توجهی ارتقاء بخشد. بدیهی است که در صورت خطای سامانه در تأیید هویت صحیح، مابقی ابعاد امنیتی فضای سایبری نیز تحت الشعاع قرار خواهند گرفت.

سامانه‌های تأیید هویت بیومتریک یکی از قابل اطمینان‌ترین سامانه‌های امنیتی برای احراز هویت به شمار می‌آید که با توجه

جلوگیری از آسیب دیدن، استفاده غیرمجاز یا سوءاستفاده و ترمیم اطلاعات الکترونیکی و سامانه‌های ارتباطی و اطلاعات محتوی آن‌ها (در صورت نیاز)، با هدف حصول اطمینان از تأمین محرمانگی، تمامیت و قابلیت دسترسی را حفاظت سایبری گویند [۱]. گسترش فناوری اطلاعات و استفاده گسترده زیرساخت‌های حساس و حیاتی کشور از تجهیزات الکترونیکی قابل برنامه‌ریزی و شبکه‌های ارتباطی شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار و داده در سال‌های اخیر لزوم توجه ویژه به حفاظت سایبری را بیش از پیش نمایان ساخته است. از سویی باید توجه نمود که تمرکز بیش از اندازه بر حفاظت سایبری، تأثیر منفی بر کارایی و سهولت بهره‌برداری از سامانه حفاظت سایبری دارد. به عبارتی افزایش بیش از حد دقت در سامانه‌های حفاظت سایبری کاهش سهولت استفاده و سرعت را به همراه خواهد داشت. لذا می‌بایست مصالحه‌ای بین سهولت استفاده، دقت و سرعت برقرار نمود. سامانه‌های سایبر ممکن است

## ۲-۱- تأخیر زمانی دریافت اطلاعات

عموماً به دلیل متفاوت بودن نوع ساختار حسگرهای مورد استفاده، زمان سپری شده برای دریافت اطلاعات یکسان نیست. برای مثال در [۴] دو حسگر کاملاً متفاوت یکی برای ثبت امضاء و دیگری برای دریافت اطلاعات چهره مورد استفاده قرار گرفته‌اند و یا در [۵] دو حسگر متفاوت برای ثبت اطلاعات عروق کف دست و اثر انگشت استفاده شده است. در چنین مواردی یکی از تأییدکننده‌ها می‌بایست منتظر ورودی اطلاعات دیگری باشد.

## ۳-۱- عدم تجانس

یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در سامانه‌های تأیید هویت چندگانه عدم همگون بودن داده‌های ورودی از حسگرهای مختلف می‌باشد. عموماً چنین سامانه‌هایی نیازمند نرمال‌سازی اطلاعات پیش از ترکیب دارند که می‌تواند بر روی جواب نهایی تأثیرگذار باشد. برای مثال در [۶] از دو حسگر متفاوت یکی برای عنبیه و دیگری برای چهره استفاده شده است. در چنین شرایطی به دلیل فناوری مورد نیاز برای ثبت اطلاعات عنبیه زمان بیشتری نسبت به چهره سپری می‌شود.

یکی دیگر از چالش‌های مطرح نوع بیومتریک و توصیفگر مورد استفاده است، بافت یکی از متداول‌ترین و مطرح‌ترین ویژگی‌هایی است که در خصیصه‌های بیومتریک مرتبط با چهره و دست می‌توان یافت. به صورت کلی روش‌های مبتنی بر بافت را می‌توان به دو گروه عمده تقسیم نمود: روش‌های آماری<sup>۱</sup> و ساختاری<sup>۲</sup> [۷]. از توصیفگرهای آماری می‌توان به طیف توان فوری<sup>۳</sup>، ماتریس‌های هم‌رخدادی<sup>۴</sup>، تحلیل مؤلفه اصلی<sup>۵</sup>، میدان تصادفی مارکوف و روش‌های فیلتر کردن چند تفکیک‌پذیری مانند تبدیل گابور یا موجک اشاره کرد که از بافت تصویر به وسیله توزیع آماری شدت تصویر ویژگی استخراج می‌کنند. ماتریس هم‌رخدادی  $C(i, j)$  را می‌توان یکی از پرکاربردترین توصیفگرها قلمداد کرد. این ماتریس تعداد هم‌رخدادی پیکسل‌ها با مقادیر خاکستری  $i$  و  $j$  را در یک فاصله  $d$  مشخص می‌شمارد. فاصله  $d$  با زاویه و طول در مختصات قطبی  $(d, \theta)$  تعریف می‌شود و در عمل مقدار  $\theta$ ، می‌تواند ۳۱۵، ۲۷۰، ۲۲۵، ۱۸۰، ۱۳۵، ۹۰، ۴۵ و ۰ باشد [۷]. رابطه (۱) ماتریس هم‌رخدادی را تعریف می‌کند.

$$C(i, j) = \text{card} \left\{ \begin{array}{l} ((x_1, y_1), (x_2, y_2)) \in (XY) \times (XY) \\ \text{for } f(x_1, y_1) = i, f(x_2, y_2) = j \\ (x_2, y_2) = (x_1, y_1) + (d \cos \theta, d \sin \theta) \\ \text{for } 0 < i, j < N \end{array} \right\} \quad (1)$$

که در رابطه (۱)،  $\text{card}\{\bullet\}$  (کار دینال) تعداد عناصر مجموعه

به درجه اهمیت و امنیت فضای سائیری از معماری‌های مختلفی برخوردار است.

جدول (۱). تهدیدات امنیتی در تقابل با ابعاد امنیتی منطبق بر

استاندارد ISO 7498-2:1989 | CCIT Rec. X.800: 1991

تهدیدات امنیتی	تخریب اطلاعات	تخریف یا تغییر اطلاعات	سرق، حذف یا دست رفتن اطلاعات	افشای اطلاعات	وقفه یا انسداد سرویس دهی
ابعاد امنیتی	X	X	X	X	X
کنترل دسترسی	X	X	X	X	-
احراز هویت	-	-	X	X	-
انکارناپذیری	X	X	X	X	X
محرمانگی داده	-	-	X	X	-
جریان ارتباطات	-	-	X	X	-

برخی از این سامانه‌ها که غالباً برای کاربردهای عمومی که از درجه امنیتی پایین‌تری برخوردار است مبتنی بر تک بیومتریک هستند، مانند چهره، تصویر حرارتی چهره، صوت، عنبیه، شبکه، اثر انگشت، اثر کف دست و بسیاری از خصیصه‌های بیومتریک دیگر که به منظور ارتقاء قابلیت اطمینان و امنیت سامانه به صورت چندگانه یا شورایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای نمونه می‌توان به سامانه مبتنی بر ترکیب اثر انگشت و اثر کف دست، مبتنی بر ترکیب صوت و چهره، مبتنی بر ترکیب عروق کف دست و ... نام برد. در این بین اگرچه سامانه‌های تأیید هویت چندگانه به دلیل بالاتر بودن قدرت تفکیک‌پذیری، کم بودن تغییرات درون کلاسی، بالا بودن تغییرات بین کلاسی، عمومیت و مقاوم بودن نسبت به فریب در قیاس با سامانه‌های مبتنی بر تک بیومتریک گزینه مناسب‌تری برای ارتقاء ابعاد امنیتی فضای سائیری می‌باشند، اما به چند دلیل به شرح ذیل کمتر مورد توجه بوده‌اند:

## ۱-۱- هزینه سخت‌افزاری

اغلب سامانه‌های تأیید هویت چندگانه از چندین حسگر متفاوت برای گرفتن داده‌های مورد نیاز استفاده می‌کنند. استفاده بیش از یک حسگر منجر به افزایش هزینه سخت‌افزاری می‌گردد. برای مثال در [۲] یک حسگر برای دریافت اطلاعات اثر انگشت استفاده شده است و حسگری دیگر برای دریافت تصویر اثر کف دست و یا در [۳] دو حسگر برای دریافت اطلاعات عروق انگشتان و شبکه چشم استفاده شده‌اند.

1- Statistical

2- Structural

3- Fourier Power Spectra

4- Co-Occurrence Matrices

5- PCA: Principle Component Analysis

توصیفگرهای مبتنی بر بافت عموماً ویژگی‌هایی را استخراج می‌کنند که دارای تفکیک‌پذیری بالایی بوده، می‌توانند با حفظ ماهیت و تفکیک‌پذیری در یک بردار ویژگی ترکیب شوند و غالباً نسبت به چرخش حساس نیستند، اما عدم انطباق توصیفگرهای بافت با تمامی الگوهای موجود در بیومتریک مورد مطالعه استفاده از آن را دچار مشکل می‌کند. 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 سامانه‌های تأیید هویت مبتنی بر بیومتریک‌ها پیدا کرده است [۱۳-۱۴].

در این مقاله به منظور ارائه یک سامانه امن برای تأیید هویت که هم هزینه سخت‌افزاری پایینی داشته باشد و هم بتواند دقت و سرعت قابل قبولی ارائه دهد از فیلتر بانک کمپانی گابور استفاده شده است. استفاده از تصویر معمولی از داخل دست، بخش‌بندی آن و استفاده از اطلاعات موجود در منحنی‌های FAR و FRR برای تخمین وزن هر یک از تأییدکننده‌های از ویژگی‌های سامانه پیشنهادی است.

در ادامه روش پیشنهادی مطرح می‌شود، سپس نتایج بدست آمده و نحوه رسیدن به مدل نهایی در فصل سوم ارائه می‌گردد و در نهایت نتیجه‌گیری در فصل چهارم ارائه می‌شود.

## ۲- روش پیشنهادی

### ۲-۱- بخش‌بندی تصویر دست

ابتدا یک پردازش ساده در فضای RGB به منظور حذف نقاط ثابت صورت گرفته است به نحوی که با اعمال فیلترهایی ساده برای یافتن رنگ‌های زرد، آبی و سبز، این نقاط حذف می‌گردند. این عمل به این دلیل انجام می‌شود که در مراحل بعدی مخصوصاً در مرحله تبدیل از فضای رنگی به سطح خاکستری و باینری مشکل وجود این نقاط نباشد. شکل (۱) نمونه‌ای از تصویر دست ثبت‌شده در پایگاه داده را نشان می‌دهد.



شکل (۱). پیش‌پردازش اولیه برای حذف نقاط ثابت

### ۲-۱-۱- یافتن میزان انحراف دست

میزان کجی یا انحراف دست بر اساس معیار خط عمودی که از

را مشخص می‌کند. بر اساس توصیفگر ماتریس هم رخدادی می‌توان حداقل چهار ویژگی انرژی<sup>۱</sup>، اینرسی<sup>۲</sup>، همبستگی<sup>۳</sup>، تفاضل گشتاور<sup>۴</sup> را استخراج کرد که به ترتیب در روابط (۲) تا (۵) مشاهده می‌شوند [۷]، در مقاله [۸] برای شناسایی افراد از روی بیومتریک چهره از الگوهای مبتنی بر آنروپی استفاده شده است.

$$Energy = \sum_i \sum_j C(i, j)^2 \quad (2)$$

$$Inertia = \sum_i \sum_j (i - j)^2 C(i, j) \quad (3)$$

$$Correlation = \frac{\sum_i \sum_j (ij) C(i, j) - \mu_i \mu_j}{\sigma_i \sigma_j} \quad (4)$$

$$Difference Moment = \sum_i \sum_j \frac{1}{1+(i-j)^2} C(i, j) \quad (5)$$

در روابط فوق

$$\mu_i = \sum_i i \sum_j C(i, j) \quad (6)$$

$$\mu_j = \sum_j j \sum_i C(i, j) \quad (7)$$

$$\tau_i = \sum_i (i - \mu_i)^2 \sum_j C(i, j) \quad (8)$$

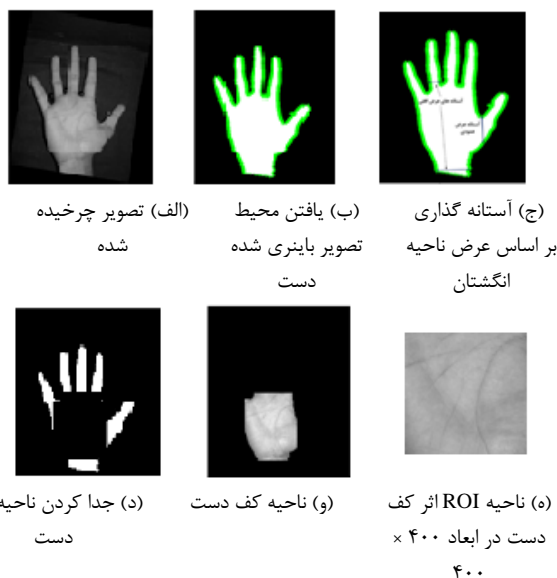
$$\sigma_j = \sum_j (j - \mu_j)^2 \sum_i C(i, j) \quad (9)$$

در [۹] ویژگی‌های مبتنی بر بافت اثر کف دست با استفاده از توصیفگر تبدیل موجک گابور استاندارد، استخراج گردید. این توصیفگر دارای خصیصه‌های چندجهته بوده و برای اندازه‌گیری فرکانس‌های فضایی محلی بهینه است. روش دیگری بنام کد کف دست<sup>۵</sup> برای تأیید هویت مطرح کردند در [۱۰] مطرح شده است. در [۱۱] روش کد ترکیب کف دست با استفاده از قوانین ترکیب در سطح ویژگی را برای استخراج ویژگی از کف دست مطرح کردند. در بین توصیفگرهای بافت 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 [۱۲] 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 و در نهایت در هر زیر بلوک مقدار میانگین انرژی و انحراف از معیار پیکسل‌ها محاسبه و به صورت بردار ویژگی مرتب می‌شوند. نکته حائز اهمیت در این مقاله عدم استفاده از زوایای مختلف است، چراکه اعمال فیلتر گابور در یک راستا ویژگی‌های دیگر تصویر را در راستاهای دیگر از بین می‌برد و بخشی از اطلاعات مفید از بین می‌روند. به صورت کلی

- 1- Energy
- 2- Inertia
- 3- Correlation
- 4- Difference Moment
- 5- Palm print Code

به کف دست برخوردار هستند از آن جدا می‌شوند. توجه به این نکته حائز اهمیت است که اکثر روش‌هایی که امروزه برای استخراج کف دست استفاده می‌شوند اولاً به دلیل خطا در یافتن محل دقیق کف دست و ثانیاً به دلیل عدم پوشش کافی تمام مساحت اثر کف دست اطلاعات مفیدی را از دست می‌دهند. پس از جدا کردن ناحیه کلی کف دست، با یافتن مرکز آن و مشخص کردن ناحیه مورد علاقه<sup>۳</sup> بیشترین قسمت ممکن از کف دست به‌عنوان اثر کف دست انتخاب می‌شود.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بیشترین اثر کف دست ممکن از تصویر دست استخراج شده است. با توجه به منابع مورد مطالعه بدیهی است که هرچقدر بتوان اثر کف دست در ابعاد بیشتری استخراج کرد، به‌تبع آن اطلاعات مفیدتری قابل استخراج می‌باشد.



شکل (۳). جدا کردن ناحیه کف دست

### ۳-۱-۲- استخراج انگشتان

در این مرحله بر روی تصویر باینری باقی‌مانده از قسمت قبل و لحاظ کردن یک حد آستانه برای مساحت اشیاء باقی‌مانده در تصویر، پنج اثر انگشت باقی‌مانده برچسب‌گذاری شده و جدا می‌شوند. شکل (۴) به خوبی نحوه برچسب‌گذاری بر روی انگشتان را نشان می‌دهد. مشکل بعدی در انگشتان و مخصوصاً انگشت شست ۴ می‌باشد که عموماً در راستای عمودی قرار ندارند، لذا در این مرحله با یافتن اسکلت انگشت موردنظر و میزان انحراف آن از حالت عمود محاسبه‌شده تصویر انگشت به حالت استاندارد چرخانده می‌شود. شکل (۵) مثالی از نحوه یافتن ناحیه اثر انگشتان را نشان می‌دهد؛ و تصویر خروجی نهایی را نشان می‌دهد.

وسط کف دست می‌گذرد محاسبه می‌گردد. همان‌طور که در اشکال (۲- الف و ب) دیده می‌شود، ابتدا تصویر دست در سطح خاکستری که در گام قبل به‌دست آمده بود، با استفاده از روش اوتسو [۱۵] به تصویر دودویی یا باینری تبدیل می‌گردد. سپس با استفاده از روش ریخت‌شناسی باز کردن<sup>۱</sup> انگشت با دقت پایینی بریده‌شده و ناحیه بدون انگشت از دست باقی می‌ماند. در این مرحله مرکز ناحیه باقی‌مانده محاسبه می‌شود.

در گام بعدی نقطه دوم که مرکز فضای بین انگشتان است که با استفاده از دستور بستن<sup>۲</sup> به‌دست می‌آید. در این گام نیز مرکز بین انگشتان محاسبه می‌شود. توجه به این نکته حائز اهمیت است که با توجه به تنوع زاویه انگشتان از یک‌دست و همچنین در پایگاه داده، یافتن نقطه دوم به‌عنوان نقطه مرکزی که انگشتان آن را پر می‌کنند می‌تواند معیار درستی از موقعیت و انحراف تصویر دست ارائه کند، شکل (۲) فرآیند تخمین زاویه انحراف تصویر دست را نشان می‌دهد.



شکل (۲). روند محاسبه میزان انحراف تصویر دست. خط قرمز بیانگر انحراف تصویر از معیار عمودی که با خط سبز نشان داده شده است. در این مثال میزان انحراف  $9/019$  درجه بوده است.

### ۲-۱-۲- جدا کردن اثر کف دست

پس از یافتن میزان انحراف دست، همان‌طور که در شکل (۳) دیده می‌شود، ابتدا آن را چرخانده، سپس با استفاده از روش اوتسو تصویر را به فضای باینری برده و کانتور (محیط) تصویر دست چرخیده شده را به‌دست می‌آوریم. در گام بعدی با قرار دادن یک حد آستانه برای فاصله نقاط کانتور و اعمال آن در راستای عمودی و افقی انگشتان دست که از عرض کمتری نسبت

3- ROI: Region Of Interest  
4- Thumb Finger

1- Open  
2- Close

## ۲-۲- فیلتر بانک کمانی گابور

رابطه (۱۰) تابع فیلتر کمانی گابور را نشان می‌دهد [۱۶]. همانند فیلتر گابور استاندارد از سه قسمت تشکیل شده است؛ حامل مختلط سینوسی، پوش گوسی و ضرب  $K$  که در اینجا متغیر است.

$$Arc - Gabor(x, y) = \sum_{i=1}^n K_i \cdot W_{ir}(x, y) \cdot S_i(x, y) \quad (10)$$

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 کمانی اصلی را می‌سازند. رابطه (۱۱) و (۱۲) به ترتیب پوش گوسی و حامل مختلط سینوسی هستند که بر روی پیکسل‌های کمان پایه اعمال می‌شوند.

$$W_{ir}(x, y) = \exp(-(\alpha^2(x - arc_{ix})_r^2 + \beta^2(y - arc_{iy})_r^2)) \quad (11)$$

$$S_i(x, y) = \exp(j2\pi F_0 (\alpha(x - arc_{ix})_r^2 + \beta(y - arc_{iy})_r^2 + P)) \quad (12)$$

به منظور حفظ ساختار گوسی در طول کمان ضریب  $Carc$  به ضریب  $K$  در رابطه (۱۳) اضافه شده است، به صورتی که بیشترین مقدار ضریب برای مرکز کمان است و هرچه قدر از مرکز کمان فاصله می‌گیریم به صورت نمایی این مقدار کم می‌شود.

$$K = C_{arc} \frac{F_0^2}{\pi \lambda \eta}, C_{arc} = \exp(-\chi^2(\varphi_i - \varphi_c)^2) \quad (13)$$

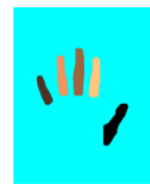
در رابطه فوق،  $\varphi_c$  زاویه کمان مرکزی است،  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\chi$  پارامتر مقیاس بوده که از رابطه (۱۴) به دست می‌آید.

$$\alpha = \frac{F_0}{\lambda}, \beta = \frac{F_0}{\eta}, \chi = \frac{F_0}{\xi} \quad (14)$$

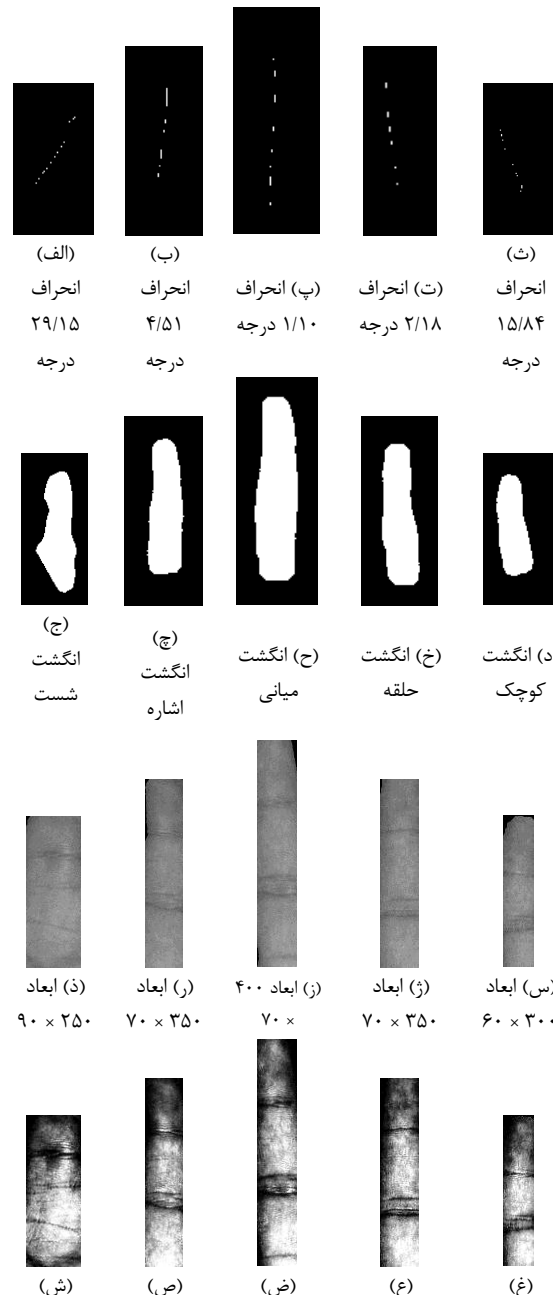
در رابطه فوق،  $F_0$  بیانگر فرکانس اعمالی فیلتر کمانی گابور است که بر اساس فرکانس ماکزیمم و مقیاس در نظر گرفته شده از رابطه (۱۵) محاسبه می‌شود.

$$F_0 = \frac{f_{max}}{(\sqrt{2})^{(s-1)}} \quad (15)$$

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.



شکل (۴). جدا کردن انگشتان و برجسب گذاری بر روی آن‌ها  
(الف) تصویر باینری بعد از جدا کردن ناحیه کلی کف دست  
(ب) برجسب گذاری انگشتان دست



شکل (۵). تصاویر جدا شده انگشتان. (الف) تا (ث) اسکلت انگشتان می‌باشد که برای محاسبه میزان انحراف انگشتان از حالت استاندارد استفاده می‌شود. (ج) تا (د) تصویر باینری انگشتان با چرخش مورد نیاز بر اساس زاویه محاسبه شد در قسمت قبل. (ذ) تا (س) ناحیه انگشت بر اساس ابعاد مورد نظر. (ش) تا (غ) تصاویر بهبود یافته به کمک همسان سازی هیستوگرام

### ۳-۲- استخراج ویژگی و انطباق

برای استخراج بردار ویژگی ابتدا فیلتر بانک پیشنهادی به تصویر ورودی اعمال می‌شود، با فرض این که تعداد مقیاس‌های در نظر گرفته شده  $S_i$  باشد و تعداد زوایای چرخش  $\Theta_j$  آن گاه، تعداد فیلترها و پاسخ فیلترها برابر خواهد بود با  $S_i \times \Theta_j$ . هر پاسخ فیلتر بانک به بلوک‌های غیر هم‌پوشان تقسیم می‌شود و از هر بلوک ویژگی‌های هیستوگرام استخراج می‌گردد. با فرض اینکه  $B_n$  و  $H_{Bn}$  به ترتیب تعداد بلوک غیر هم‌پوشان و مجموعه ویژگی‌های هیستوگرام موجود در آن بلوک باشد، آنگاه بردار ویژگی هیستوگرام برای پاسخ فیلتر  $i$  و  $j$  برابر خواهد بود با  $H_{ij} = \{HB1, HB2, \dots, HBn\}$  که  $i$  و  $j$  به ترتیب بیانگر مقیاس نام و چرخش  $j$  می‌باشند. با الصاق بردارهای ویژگی به دست آمده از تمام پاسخ‌های فیلتر بانک بردار، ویژگی نهایی به دست می‌آید. رابطه (۱۶) بردار ویژگی هیستوگرام گابور بافت تصویر اثر کف دست ورودی خواهد بود.

$$H = \{H11, \dots, H1j, H21, \dots, H2j, Hi1, \dots, Hij\} \quad (16)$$

### ۴-۲- ترکیب اطلاعات در سطح امتیاز انطباق

در تأیید هویت مقایسه یک به یک بوده و تأیید و یا عدم تأیید هویت فرد بر اساس حد آستانه‌ای تعیین می‌شود که از قبل تعریف شده است. لذا رویکرد ترکیب اطلاعات اتخاذ شده، ترکیب در سطح امتیاز انطباق خواهد بود.

### ۱-۴-۲ ترکیب در سطح امتیاز انطباق

یکی از روش‌های متداول و کارآمد ترکیب در سطح امتیاز انطباق، جمع وزن دار امتیاز تأیید کننده‌های مختلف می‌باشد [۱۷]. بارزترین مشکل چنین روش‌هایی عدم تخمین مؤثر وزن هر یک از تأیید کننده‌ها می‌باشد که در بخش بعدی با ارائه راه‌کاری این مشکل تا حدود زیادی برطرف گردید. فرض کنیم مجموعه  $V = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_m\}$  تأیید کننده باشد. چنانچه  $S_V = \{S_V^1, S_V^2, S_V^3, \dots, S_V^m\}$  و  $w = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_m\}$  ترتیب مجموعه‌های وزن‌های تخمین زده شده و امتیازهای انطباق تأیید کننده‌ها برای تصویر ورودی باشند، آنگاه امتیاز نهایی ترکیب با فرض هنجار بودن وزن‌ها با استفاده از رابطه (۱۷) به دست می‌آید.

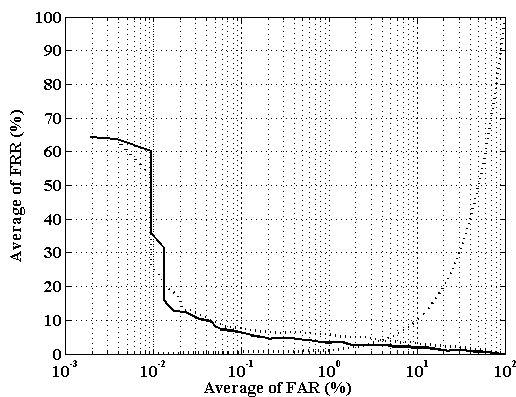
$$S = \sum_{i=1}^m S_V^i \cdot W_i \quad (17)$$

در این حالت با توجه به این که مجموع وزن‌ها یک می‌باشد، لذا حداکثر و حداقل مقدار  $s$  در همان رنج امتیازهای تأیید کننده‌ها می‌باشد.

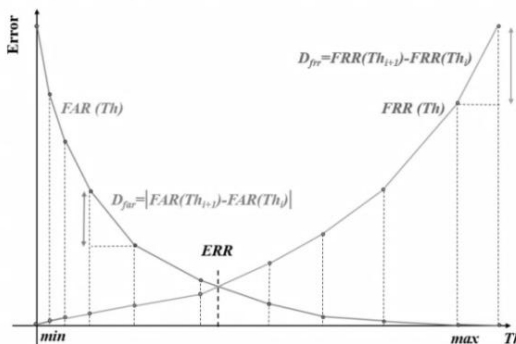
### ۲-۴-۲- وزن دهی به تأیید کننده‌ها با استفاده از دانش

#### موجود در منحنی DET

منحنی DET بیانگر تغییرات خطاهای نرخ پذیرش غلط<sup>۱</sup> و نرخ عدم پذیرش غلط<sup>۲</sup> می‌باشد که در اکثر موارد به صورت یک منحنی همانند شکل (۶-الف) نشان داده می‌شود. خطاهای تأیید هویت را می‌توان به صورت شکل (۶-ب) نیز نمایش داد.



(الف) منحنی DET (تغییرات خطای FRR بر حسب FAR)



(ب) تغییرات خطای FAR و FRR بر حسب تغییرات حد آستانه تأیید هویت

شکل (۶). نمونه از منحنی‌های مورد استفاده برای ارزیابی

عملکرد سامانه تأیید هویت

به صورت کلی این دو منحنی شاخصه‌ای مناسب برای نشان دادن عملکرد یک سامانه تأیید هویت می‌باشند. لذا با توجه به شکل (۶-ب)، می‌توان اطلاعات ارزشمندی را به منظور تخمین میزان تأثیرگذاری تأیید کننده مورد نظر در تصمیم نهایی و یا به عبارتی وزن مؤثر آن استخراج نمود. یک تأیید کننده قوی دارای شاخصه‌های زیر است:

- به ازای حد آستانه زیاد مقدار FAR باید حداقل باشد.
- به ازای حد آستانه کم مقدار FRR باید حداقل باشد.

در نتیجه هر چقدر آستانه افزایش یابد، سامانه‌ای بهتر است که FAR آن سریع تر صفر شود و هر چقدر آستانه کاهش یابد، سامانه‌ای بهتر است که FRR آن سریع تر صفر شود.

1- FAR: False Acceptance Rate

2- FRR: False Rejection Rate

$$EER = \frac{AVg_1 + AVg_2}{2} \quad (24)$$

### ۳- شبیه‌سازی و بحث روی نتایج

در تمام مراحل شبیه‌سازی، عمل انطباق بر اساس 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 (۲۵) 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.

$$D_{xy} = 100 \times \frac{(x-\bar{x})(y-\bar{y})'}{\sqrt{(y-\bar{y})(y-\bar{y})'}\sqrt{(x-\bar{x})(x-\bar{x})'}} \quad (25)$$

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 در هر آزمایش هویت‌های موجود در پایگاه داده مورد مطالعه به سه قسمت تقسیم شده است، آزمایش برای سه بار مجزا انجام می‌پذیرد. در هر تکرار یکی از قسمت‌ها برای آموزش و مابقی برای آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این بخش برای هر فرد ۵ تصویر اول به‌عنوان گالری و ۳ تصویر باقی‌مانده به‌عنوان تصاویر آزمایش انتخاب شده‌اند. شایان ذکر است محاسبات در نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۴a در لپ‌تاپ شخصی با پردازنده ۲ GHz AMD و ۸ گیگابایت رم انجام پذیرفته است. روش پیشنهادی در این مقاله از دو بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از:

وزن‌دهی به هر کدام از تأیید کننده‌ها

توصیفگر فیلتر بانک کمائی گابور

به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر روش‌های پیشنهادی، نتایج در دو بخش مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در ابتدا روش پیشنهادی برای وزن‌دهی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، سپس در بخش دوم توصیفگر فیلتر کمائی گابور با فیلترهای گابور دیگر در قالب فیلتر بانک مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در نهایت نیز در بخش سوم مدل نهایی پیشنهادی مطرح می‌گردد. شایان ذکر است به‌منظور عدم تأثیرگذاری بهبود کیفیت تصویر در نتایج نهایی و همچنین ایجاد شرایطی که بتوان تأثیر مستقیم روش‌های پیشنهادی را مورد بررسی قرار داد، ساده‌ترین حالات ممکن برای ارزیابی هر بخش استفاده شده است. از سویی به‌منظور حفظ ساده بودن شرایط در ارزیابی‌های مطرح‌شده تنها از سه تصویر اثرانگشت اشاره، اثرانگشت میانی و اثرانگشت حلقه استفاده شده است، چراکه با توجه به مساحت اثر کف دست بدیهی است اطلاعات بیشتری در آن نهفته است و در پاسخ نهایی تأثیر به‌سزایی دارد. شایان ذکر است در این مقاله به‌منظور ارزیابی جامع‌تر و معتبرتر از روش اعتبارسنجی متقابل چندباره<sup>۲</sup> استفاده شده است. به این

بنابراین، FAR با مقدار کم در آستانه زیاد امتیاز بالایی دارد و FRR با مقدار کم در آستانه پایین امتیاز بالایی دارد.

از سویی افت خطا بین دو آستانه می‌تواند ملاک مناسبی باشد. برای هر دو خطای FAR و FRR هرچقدر اختلاف بین دو حد آستانه بیشتر باشد، بهتر است. چراکه این اختلاف نشان می‌دهد خطا با چه نرخی در حال کم شدن است. هرچقدر خطاهای مذکور سریع‌تر کاهش یابند نشان‌دهنده عملکرد بهتر سامانه در تأیید هویت است. با توجه به موارد مذکور، با فرض این‌که  $D_{frr}$  و  $D_{far}$  به ترتیب بیانگر اختلاف خطا بین خطاها در آستانه  $\lambda$  و  $(\lambda+1)$ م در نمودار FRR و FAR باشند و چنانچه مجموعه حدود آستانه‌های مورد استفاده باشد به نحوی که  $Th_1$  کمترین و  $Th_n$  بیشترین حدود آستانه باشند. از روابط (۱۹-۱۸) می‌توان برای محاسبه وزن‌ها استفاده کرد.

$$Weight = W_{far} + W_{frr} \quad (18)$$

$$W_{far} = \frac{\sum_{i=1}^m (I_{th}^i | FAR(Th_{i+1}) - FAR(Th_i) | \exp(FAR_{max} - FAR(Th_i)))}{\sum_{i=1}^m (I_{th}^i | FAR(Th_{i+1}) - FAR(Th_i) | \exp(FAR_{max} - FAR(Th_i)))}, \quad 0 \leq FAR \leq 1 \quad (19)$$

در روابط فوق،  $I_{th}^i$  بیانگر میزان تأثیرگذاری حد آستانه در وزن نهایی می‌باشد.

### ۲-۴-۳- محاسبه نرخ برابری خطا

نرخ برابری خطا<sup>۱</sup> یکی از شاخص‌های متداول برای ارزیابی خطای سامانه تأیید هویت است. همان‌طور که در شکل (۶) ملاحظه می‌شود، این مقدار بیانگر نقطه‌ای است که مقدار دو خطای FAR و FRR با یکدیگر برابر می‌شود. برای محاسبه خودکار مقدار EER، به‌صورت معمول در ابتدا دو نقطه از خطاهای FAR و FRR را به‌دست می‌آورند، سپس مقدار EER می‌تواند کمینه، بیشینه و یا میانگین دو نقطه مذکور باشد. در چنین شرایطی عموماً خطای زیادی رخ می‌دهد برای اجتناب از این خطا، در این مقاله به‌جای انتخاب دو نقطه که کمترین فاصله را ایجاد می‌کنند، دو جفت نقطه که دو کمترین فواصل را ایجاد می‌کنند انتخاب می‌شود. با فرض این‌که مجموعه‌های  $P_1 = \{P_1^{FAR}, P_1^{FRR}\}$  و  $P_2 = \{P_2^{FAR}, P_2^{FRR}\}$  دو جفت نقطه که کمترین فواصل را دارند باشند، آن‌گاه، مقدار EER را می‌توان با استفاده از روابط (۲۲) تا (۲۴) تخمین زد. نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه آن با محاسبه شهودی و دستی نشان می‌دهد روش پیشنهادی به مقدار واقعی نزدیک‌تر است.

$$AVg_1 = \frac{P_1^{FAR} + P_1^{FRR}}{2} \quad (22)$$

$$AVg_2 = \frac{P_2^{FAR} + P_2^{FRR}}{2} \quad (23)$$

### ۳-۲- ارزیابی روش وزن دهی پیشنهادی

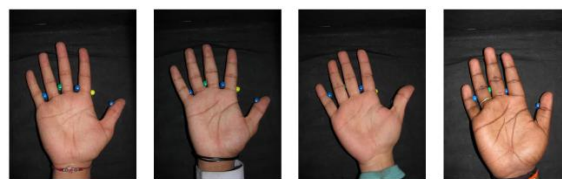
شاخص‌هایی که می‌تواند به‌عنوان معیاری برای وزن دهی تأییدکننده‌ها در یک سامانه چندگانه مورد استفاده قرار بگیرد نرخ خطای معادل (EER) و مساحت زیر منحنی ROC می‌باشند. اگرچه این معیارها می‌توانند معیارهای مناسبی باشند، اما استفاده از دانش موجود در منحنی‌های FAR و FRR می‌تواند نتایج مطلوب‌تری به همراه داشته باشد. در این قسمت سعی شده است تا ارزیابی در ساده‌ترین حالات صورت بپذیرد، لذا ابعاد بلوک ویژگی  $100 \times 100$  در نظر گرفته شده است. جدول (۲) مقایسه تخمین وزن پیشنهادی، استفاده از شاخص EER و استفاده از فضای زیر سطح منحنی DET<sup>۲</sup> را به ازای استخراج  $2^2$  و  $2^3$  ویژگی در هر بلوک را نشان می‌دهد. در این مرحله ترکیب در سطح امتیاز به صورت جمع وزن دار امتیاز تأییدکننده‌ها صورت پذیرفته است.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با افزایش ویژگی عملکرد روش پیشنهادی در وزن دهی به تأییدکننده‌ها افزایش می‌یابد. از آنجایی که در مدل نهایی تعداد ویژگی‌های بیشتر خواهد بود، لذا پیش‌بینی می‌شود روش پیشنهادی از عملکرد مطلوبی برخوردار باشد.

ترتیب که هویت‌های موجود در پایگاه تصاویر مورد مطالعه به  $k$  دسته تقسیم می‌شود. در هر بار اجرای آزمایش یک دسته به‌عنوان هویت‌ها (تصاویر) آموزشی مورد استفاده قرار می‌گیرند و باقی به‌عنوان تصاویر آزمایش استفاده می‌گردند.

### ۳-۱- پایگاه داده

پایگاه تصاویر دست COEP<sup>۱</sup> 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 به صورت رنگی در فرمت RGB گرفته شده است و در قالب JPG و در ابعاد  $1200 \times 1600$  پیکسل ذخیره شده‌اند. با وجود آن که 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 (۷) چند نمونه از تصاویر این پایگاه داده نشان داده شده است.



شکل (۷). نمونه‌هایی از تصاویر موجود در پایگاه داده COEP

جدول (۲). مقایسه روش‌های تخمین وزن در فرآیند تأیید هویت

تعداد ویژگی استخراج شده از هر بلوک	روش وزن دهی		اثرانگشت اشاره	اثرانگشت میانی	اثرانگشت حلقه	ترکیب مبتنی بر وزن AUC	ترکیب مبتنی بر وزن EER	ترکیب مبتنی بر وزن پیشنهادی
	مرحله آموزش (میانگین وزن تخمین زده شده)	مرحله آزمایش						
$4 = 2^2$	وزن AUC	۰/۳۳۵۰	۰/۳۱۴۶	۰/۳۵۰۴	-	-	-	-
	وزن EER	۰/۳۰۸۱	۰/۳۴۰۷	۰/۳۵۱۲	-	-	-	-
	وزن پیشنهادی	۰/۳۳۴۰	۰/۳۲۹۵	۰/۳۳۶۵	-	-	-	-
$8 = 2^3$	میانگین نرخ EER (%)	۱۷/۱۲	۱۸/۸۲	۱۹/۴۹	۱۴/۰۳	۱۰/۵۲	۱۰/۵۰	-
	وزن AUC	۰/۳۳۴۲	۰/۳۰۴۷	۰/۳۶۱۲	-	-	-	-
	وزن EER	۰/۳۰۸۵	۰/۳۴۰۶	۰/۳۵۱۰	-	-	-	-
	وزن پیشنهادی	۰/۳۳۵۵	۰/۳۲۹۶	۰/۳۳۴۸	-	-	-	-
مرحله آزمایش	میانگین نرخ EER (%)	۱۵/۷۶	۱۷/۲۱	۱۸/۰۴	۱۲/۴۲	۹/۴۴	۹/۳۰	-



### ۳-۳- ارزیابی توصیفگر پیشنهادی

در این بخش، ابتدا فیلترکمانی گابور در قالب فیلتر بانک با دیگر فیلترهای گابور و سپس روش پیشنهادی با دیگر توصیفگرهای متداول بافت مورد مقایسه قرار می‌گیرد. توجه به این نکته حائز اهمیت است، در ارزیابی نتایج، روش پیشنهادی مبتنی بر منحنی‌های FAR و FRR برای وزن‌دهی مورداستفاده قرار گرفته است. همچنین به منظور ارائه یک مقایسه منصفانه سعی شده است تعداد ویژگی‌هایی که در حالات مختلف استخراج می‌شوند یکسان باشند.

در این مرحله نیز ترکیب در سطح امتیاز به صورت جمع وزن‌دار امتیاز تأییدکننده‌ها صورت پذیرفته است. به منظور ارزیابی عملکرد فیلتر گابور پیشنهادی در این قسمت از فیلتر بانک استفاده شده است. فیلتر بانک در ۲ مقیاس ( $s=1$  و  $s=2$ ) و ۴ زاویه ( $0^\circ$ ،  $45^\circ$ ،  $90^\circ$  و  $135^\circ$ ) تنظیم شده است. همچنین تمام پالایه‌ها با ابعاد  $20 \times 20$  با فرکانس ماکزیمم  $0.1$  اعمال شده و طول فیلتر کمانی گابور  $L=0.5\pi$  لحاظ گردیده است. جدول (۳) میانگین مقدار خطای EER حاصل از اعمال فیلتر بانک‌های مطرح‌شده بر روی تصاویر پایگاه داده COEP را در مرحله آزمایش نشان می‌دهد. شایان ذکر است با توجه به آن‌که می‌خواهیم در ساده‌ترین حالات مقایسه‌ها انجام بپذیرد، لذا ابعاد بلوک استخراج ویژگی را  $100 \times 100$  و تعداد ویژگی‌های استخراج‌شده از هر بلوک را ۲ در نظر گرفتیم، لذا با توجه به آن‌که تعداد فیلترهای موجود در فیلتر بانک ۸ می‌باشد، طول بردار ویژگی برابر است با  $64=8 \times 4 \times 2$ .

نتایج به دست آمده تفاوت معناداری را بین نرخ فیلتر پیشنهادی و فیلترهای گابور دیگر و توصیفگرهای متداول بافت نشان می‌دهد. به نحوی که نرخ خطای فیلتر بانک کمانی گابور بیش از ۱٪ کمتر از عملکرد فیلتر بانک گابور استاندارد بهبودیافته است. از سویی این تفاوت را می‌توان در تک بیومتریک‌ها نیز مشاهده نمود. لذا می‌توان از عملکرد مطلوب فیلتر گابور پیشنهادی در قیاس با فیلترهای هم نوع خود اطمینان داشت.

### ۳-۴- ارائه مدل نهایی

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان ملاحظه نمود که روش‌های پیشنهادی از عملکرد مطلوبی برخوردار هستند، اما نتیجه نهایی کماکان نیاز به بهبود دارد، لذا در این قسمت دو اقدام اساسی انجام می‌پذیرد؛ اولین اقدام، پس از بخش‌بندی تصویر دست ورودی، همانند شکل (۵) (ش-غ) با استفاده از برابری هیستوگرام کنتراست افزایش یافته و کیفیت تصویر ورودی افزایش می‌یابد. دومین اقدام انتخاب ترکیبی مناسب از بیومتریک‌ها می‌باشد، بدیهی است که چنانچه از تمامی بیومتریک‌های موجود استفاده کنیم دقت سامانه افزایش می‌یابد، اما این انتخاب سرعت

سامانه را کاهش می‌دهد، لذا در این قسمت به منظور برقراری مصالحه‌ای بین دقت و سرعت حالات مختلف را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم. همچنین در این بخش به منظور ارزیابی حالات مختلف، ابعاد بلوک استخراج ویژگی  $80 \times 80$  و تعداد ویژگی‌های استخراج‌شده از هر بلوک ۲<sup>۵</sup> لحاظ شده است. این ابعاد و تعداد ویژگی با بررسی‌های متعدد انتخاب شده‌اند

جدول (۳). مقایسه میانگین نرخ خطای EER برای تأیید هویت توصیفگرهای بافت

میانگین نرخ EER (%)	توصیفگر
۳۳/۶۵	اثرانگشت اشاره
۴۱/۰۷	اثرانگشت میانی
۴۱/۱۲	اثرانگشت حلقه
۲۰/۰۷	اثرانگشت اشاره
۲۰/۹۱	اثرانگشت میانی
۲۲/۳۵	اثرانگشت حلقه
۱۵/۹۳	اثرانگشت اشاره
۱۵/۶۳	اثرانگشت میانی
۱۵/۰۰	اثرانگشت حلقه
۱۳/۴۱	اثرانگشت اشاره
۱۰/۹۹	اثرانگشت میانی
۸/۸۰	اثرانگشت حلقه
۳۱/۱۹	ترکیب با توصیفگر فیلتر بانک لگاریتمی
۱۴/۱۲	ترکیب با توصیفگر فیلتر بانک گابور استاندارد
۸/۹۸	ترکیب با توصیفگر فیلتر بانک گابور استاندارد بهبودیافته
۷/۶۹	ترکیب با توصیفگر فیلتر بانک کمانی گابور
۸/۸۴	هیستوگرام
۱۳/۲۷	مرکز هیستوگرام
۸/۳۵	هیستوگرام گرادیان
۴۶/۹۹	گشتاور کارترین
۹/۸۳	گشتاور مستقل از مقیاس و جابجایی
۲۹/۳۰	همبستگی
۳۱/۷۶	انرژی
۳۱/۴۶	ایترسی
۳۷/۱۱	آنتروپی

### ۳-۴-۱- تحلیل حساسیت نسبت به تعداد بیومتریک

در این گام، یک قدم به انتخاب مدل نهایی نزدیک شده‌ایم. یکی از فاکتورهای مهم در طراحی یک سامانه تأیید هویت چندگانه انتخاب تعداد و نوع بیومتریک‌ها مورد استفاده می‌باشند. روش پیشنهادی در این مقاله بر اطلاعات موجود در یک دست استوار است، به نحوی که با بخش‌بندی تصویر یک دست به ۶ تصویر یک سامانه تأیید هویت چندگانه را به وجود می‌آورد. در این

جدول (۵). جزئیات مدل پیشنهادی سامانه تأیید هویت

اجزای سازنده	روش پیشنهادی
روش ترکیب اطلاعات	جمع وزن دار امتیاز تأییدکننده‌ها
روش وزن دهی به شناسایی کننده‌ها	مبتنی بر منحنی DET (روش پیشنهادی)
تعداد بیومتریک‌های مورد استفاده	۲
نوع بیومتریک‌های مورد استفاده	اثر کف دست و اثر انگشت اشاره
توصیفگر بافت	فیلتر کماتی گابور انطباق پذیر بهینه (روش پیشنهادی)
ابعاد بلوک استخراج ویژگی	۸۰×۸۰
تعداد ویژگی‌های استخراج شده در هر بلوک	۳۵

جدول (۶). مقایسه روش پیشنهادی و توصیفگرهای مطرح بافت در تأیید هویت برای پایگاه تصاویر COEP

Avg. EER	توصیفگر
۵/۲۴	هیستوگرام
۶/۱۲	مرکز هیستوگرام
۸/۳۲	هیستوگرام گرادیان (HOG) [۱۸]
۴/۵۹	الگوی باینری محلی (LBP) [۱۹]
۵/۰۲	کوانتیزاسیون فاز محلی (LPQ) [۲۰]
۳/۱۲	گشتاور کارترین
۴/۳۵	گشتاور مرکزی
۹/۲۲	گشتاور مستقل از مقیاس و جابجایی
۱۲/۸۹	گشتاور تفاضل معکوس
۱۸/۴۲	همبستگی
۱۴/۵۱	اینرسی
۱۵/۳۱	انرژی
۱۶/۴۰	واریانس
۱۷/۲۲	آنتروپی
۲/۲۵	فیلتر کماتی گابور انطباق پذیر بهینه (توصیفگر پیشنهادی)

نتایج ارائه شده در جدول (۶)، مقایسه عملکرد توصیفگر پیشنهادی و توصیفگرهای مطرح بافت بر اساس ترکیب اطلاعات به دست آمده از اثر کف دست و اثر انگشت اشاره در سطح امتیاز انطباق می‌باشد. نتایج بیان شده، نشان می‌دهد توصیفگر پیشنهادی از عملکرد بسیار مطلوب تری نسبت به دیگر توصیفگرها برخوردار می‌باشد، به نحوی که توانسته است کمترین خطا را در تأیید هویت از خود نشان دهد. شکل (۸)، منحنی DET و تغییرات خطاهای FAR و FRR را برای عملکرد توصیفگر

بخش سعی شده است حساسیت روش پیشنهادی را به تعداد و نوع بیومتریک‌های مورد استفاده بررسی شود. ۹ حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است، به نحوی که در ۵ حالت اول تعداد بیومتریک‌ها ۳ می‌باشد، اما تنوع آن‌ها متفاوت است. برای مثال در حالت اول بیومتریک‌های مورد استفاده اثر کف دست، اثر انگشت اشاره و اثر انگشت میانی هستند و برای حالت پنجم، بیومتریک‌های مورد استفاده اثر انگشت اشاره، اثر انگشت حلقه و اثر انگشت شست می‌باشند.

همچنین ۴ حالت باقی مانده به بررسی تعداد بیومتریک‌های مورد استفاده می‌پردازد. شایان ذکر است، در کنار بررسی نوع و تعداد بیومتریک‌های مورد استفاده ارزیابی فقدان یک یا چند بیومتریک نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در بسیاری از موارد شاهد هستیم یک فرد ممکن است به دلایلی پس از ثبت اثر دست خود در مرحله ثبت اطلاعات یک یا چند انگشت خود را از دست بدهد، در چنین شرایطی نیز سامانه می‌بایست به عملکرد مطلوب خود ادامه دهد. جدول (۴) میانگین نرخ خطای EER به- ازای حالات مختلف که بیانگر تنوع و تعداد بیومتریک‌های مختلف هستند را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این مرحله با در نظر گرفتن میانگین نرخ خطای EER در حالتی که از تمام بیومتریک‌ها یعنی بخش‌های دست استفاده کنیم، خطای کمتری خواهیم داشت؛ اما با توجه به میانگین زمان سپری شده برای هر بار تأیید هویت این حالت بهینه نمی‌باشد. چنانچه بخواهیم بین سرعت و دقت ملاحظه‌ای برقرار کنیم، حالت ششم بهترین انتخاب است، یعنی حالتی که تنها از اثر کف دست و اثر انگشت اشاره استفاده می‌کند. لذا با توجه به بررسی صورت گرفته جدول (۵) جزئیات مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد. جدول (۶) مقایسه نهایی روش پیشنهادی با توصیفگرهای مطرح بافت علاوه بر موارد اشاره شده در جدول (۳) مانند HOG، LBP و LPQ نشان می‌دهد.

جدول (۴). بررسی حالات مختلف در انتخاب تعداد و نوع بیومتریک مورد استفاده در سامانه تأیید هویت پیشنهادی

حالات	میانگین نرخ EER (%)	میانگین زمان (ثانیه)
[۳، ۲، ۱]	۲/۲۷	۰/۳۲۳۴
[۴، ۳، ۲]	۲/۸۰	۰/۲۷۱۰
[۶، ۵، ۴]	۳/۹۲	۰/۲۹۹۷
[۵، ۳، ۱]	۲/۷۳	۰/۳۲۴۱
[۶، ۴، ۲]	۲/۶۳	۰/۲۷۰۳
[۲، ۱]	۲/۲۵	۰/۱۸۴۱
[۴، ۳، ۲، ۱]	۲/۲۰	۰/۴۱۵۶
[۵، ۴، ۳، ۲، ۱]	۲/۳۳	۰/۵۱۱۹
[۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱]	۲/۱۳	۰/۵۸۹۱

منحنی DET (و یا منحنی‌های FAR و FRR) منجر به طراحی سامانه تأیید هویتی شده است که با خطای حدود ۲/۲٪ و انحراف از معیار ۰/۵٪ از دقت و قابلیت اطمینان مناسبی برخوردار است.

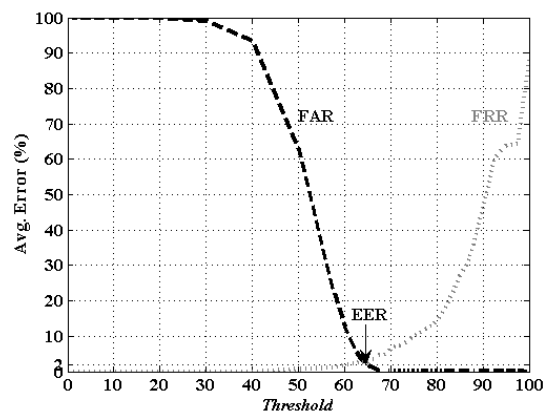
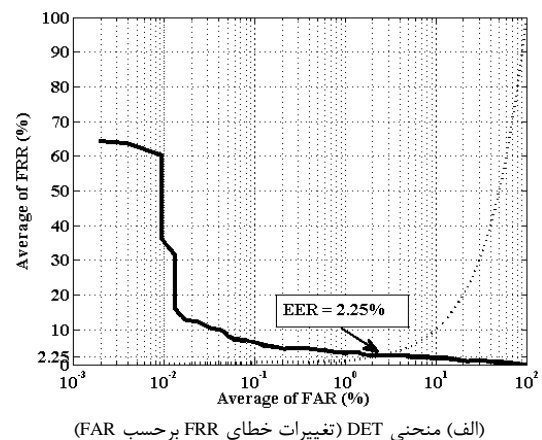
سرعت مناسب: استفاده از تنها دو حسگر در مدل نهایی سامانه پیشنهادی در کنار توصیف مناسب بافت‌های مورد مطالعه توسط فیلتر بانک کم‌انرژی گابور منجر به طراحی سامانه‌ای شده است که تنها در کمتر از ۰/۱۹ ثانیه می‌تواند با خطای قابل قبولی هویت فرد را تأیید یا رد کند.

اگرچه سامانه از دقت قابل قبولی برخوردار است، اما امکان بهبود آن وجود دارد، می‌توان با بهره‌گیری از الگوریتم‌های فرا ابتکاری پارامترهای فیلتر بانک کم‌انرژی گابور را بهینه کرد به نحوی که خطای سامانه به کمتر از ۱٪ کاهش یابد.

## ۵- مراجع

- [1] Anon, "National Infrastructure Protection Plan 2006," US Department of Homeland Security, 2006.
- [2] J. Yang, Y. Shi, and J. Yang, "Personal identification based on finger-vein features" *Comput. Hum. Behav.*, vol. 27, pp. 1565-1570, 2011.
- [3] Zh. Liu, Y. Yin, H. Wang, Sh. Song, and Q. Li, "Finger vein recognition with manifold learning," *J. Netw. Comput. APPL.*, Vol. 33, pp. 275-282, 2010.
- [4] D. Mulyono and H. Shi Jinn, "A Study of Finger Vein Biometric for Personal Identification" *ISBAST*, pp. 1-8, 2008.
- [5] T. S. Beng and B. A. Rosdi, "Finger-Vein Identification using Pattern Map and Principal Component Analysis," *ICSIPA*, pp. 530 - 534, Kuala Lumpur, 2011.
- [6] Zh. Wang, E. Wang, Sh. Wang, and Q. Ding, "Multimodal Biometric System Using Face-Iris Fusion Feature," *J. Comput.*, vol. 6, no. 5, pp. 931-938, 2011.
- [7] G. Lin, H. Zhu, X. Kang, C. Fan, and E. Zhang, "Feature Structure Fusion and Application," *Inf. Fusion*, vol. 20, pp. 146-154, 2014.
- [8] M. De Marsico, M. Nappi, D. Riccio, and G. Tortora, "Entropy-based Template Analysis in Face Biometric Identification," *Signal Image Video Process*, vol. 7, no. 3, pp. 493-505, 2013.
- [9] R. Wang, G. Wang, Zh. Chen, Zh. Zeng, and Y. Wang, "A Palm vein Identification System Based on Gabor Wavelet Features," *Neural Comput. Appl.*, vol. 24, no. 1, pp. 161-168, 2014.
- [10] D. Zhang, A. Kong, J. You, and M. Wong, "Online Palmprint identification," *IEEE T Pattern Anal*, vol. 25, no. 9, pp. 1041-1050.
- [11] Kong, D. Zhang, and Kamel, "Palmprint identification using feature level fusion," *Pattern Recogn*, vol. 39, no. 3, pp. 478-487, 2006.
- [12] X. Pan and Q. Q. Ruan, "Palmprint recognition using Gabor-based local invariant features," *Nurocomputing*, vol. 72, pp. 2040-2045, 2009.
- [13] Y. T. Luoa, L. Y. Zhaoa, B. Zhangb, W. Jiaca, F. Xuea, J. T. Lua, Y. H. Zhue, and B. Q. Xu, "Local line directional pattern for Palmprint recognition," *Pattern Recogn.*, vol. 50, pp. 26-44, 2016.

پیشنهادی در تأیید هویت تصاویر پایگاه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل (۸). عملکرد سامانه تأیید هویت پیشنهادی بر روی پایگاه داده COEP

## ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله یکی از چالش‌های مهم حوزه سایبری یعنی تأیید هویت مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. با استفاده از ویژگی منحصربه‌فرد فیلتر کم‌انرژی گابور که انطباق مناسبی با الگوها و ساختارهای موجود در بافت دست دارد، سامانه تأیید هویتی طراحی شده است که از دقت قابل قبول، سرعت مناسب و هزینه کمی برخوردار است. سامانه پیشنهادی دارای ویژگی‌هایی است که در زیر به آن اشاره می‌شود:

هزینه سخت‌افزاری پایین: سامانه پیشنهادی در عین حال که ویژگی‌های یک سامانه چندگانه را در خود جای داده است، با توجه به آن که تنها از یک حسگر معمولی برای دریافت اطلاعات استفاده می‌کند، هزینه سخت‌افزاری پایینی دارد.

دقت قابل قبول: استفاده از فیلتر بانک کم‌انرژی گابور و همچنین وزن‌دهی به تأییدکننده‌ها به کمک دانش موجود در

- [14] L. Feia, Y. Xua, and D. Zhangb, "Half-orientation extraction of Palmprint features," *Pattern Recogn. Lett.*, vol. 69, pp. 35-41, 2016.
- [15] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE T Syst Man Cyb*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [16] M. Taghipour-Gorjikotaie, S. M. Razavi, and N. Mehrshad, "Fingerprint enhancement using Arc-Gabor Filter Bank," *Machine Vision and Image Processing*, vol. 3, no. 1, pp. 1-17, 2016 (In Persian).
- [17] Y. Xu and Y. Lu, "Adaptive Weighted Fusion: A Novel Fusion Approach for Image Classification," *Nerocomputing*, vol. 168, PP. 566-574, 2015.
- [18] W. Jia, R. X. Hu, Y. K. Li, Y. Zhao, and J. Gui, "Histogram of Oriented Lines for Palmprint Recognition," *IEEE T Syst Man Cyb*, vol. 44, no. 3, pp. 385-394, March 2014.
- [19] B. Yang and S. Chen, "A Comparative Study on Local Binary Pattern (LBP) Based Face Recognition: LBP Histogram versus LBP Image," *Nerocomputing*, vol. 120, pp. 365-379, 2013.
- [20] Sh. R. Zhou, J. P. Yin, and J. M. Zhang, "Local Binary Pattern (LBP) and Local Phase Quantization (LPQ) Based on Gabor Filter for face Rerepresentation," *Nerocomputing*, vol. 116, pp. 260-264, 2013.

---

## Designing of a Biometric Multimodal Verification System Using Contactless Sensor Based on Information of the Texture of The Hand

M. Taghipour-Gorjikotaie, S. M. Razavi\*, N. Mehrshad

\*Birjand University

(Received: 06/07/2016, Accepted: 31/10/2016)

### ABSTRACT

*One of the most impressive tools for evaluation of Cyber security is the usage of the secure verification system with high reliability. Biometric based verification systems have been able to overcome this problem to a large extent. In many cases, some consideration such as hardware cost, speed and accuracy make challenges to choose the architecture of verification system. In this paper, an ordinary sensor is used to increase the security and accuracy of the verification system and also decrease the hardware cost. After acquiring the hand image, it is divided into 6 segments and finally by using Arc-Gabor filter bank as a descriptor, unique features are extracted from images. Also, by extracting knowledge from the FAR and FRR curves in order to estimate verifiers' weight and using weighted score summation for information fusion in the level of matching score, the verification system is designed. In this system, by utilizing one ordinary sensor and potential of multimodal architecture, its average of Equal Error Rate for COEP database is around 2.25% and also the average of elapsed time for verification is less than 0.19 seconds.*

**Keywords:** Arc-Gabor Filter Bank, Biometric, Multimodal Verification System, Texture of the Hand

---

\* Corresponding Author Email: smrazavi@birjand.ac.ir