

سیستم مالتی مودال بیومتریکی با تلفیق اثر انگشت و عنیبه در سطح تصمیم گیری

فاطمه کشاورزی^۱، کاوه پاشایی^۲، حسین مومنزاده حقیقی^۳

^۱ کارشناسی ارشد گروه مهندسی فناوری اطلاعات- شبکه های کامپیوتری، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر، fk.keshavarzi89@gmail.com

^۲ استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر، kaveh80@gmail.com

^۳ استادیار، مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر، momenzadeh.hossein@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۴

چکیده:

سیستم های بیومتریکی تکی، که تنها از یک ویژگی برای تشخیص استفاده می کنند می توانند مشکلاتی نظیر داده های نویزی، تمایز اندک ویژگی بیومتریکی، نرخ های خطای غیر قابل قبول و حمله های کلاه برداران را به همراه داشته باشد اما به کارگیری سیستم های بیومتریکی مالتی مودال می توان تا حد زیادی بر این مشکلات غلبه نمود و عملکرد و قابلیت اطمینان شناسایی بیومتریکی را بیش از پیش افزایش داد، چرا که این سیستم ها در مقایسه با سیستم های بیومتریکی تکی از میزان دقت و امنیت بیشتری برخوردار هستند. به همین منظور در این تحقیق به بررسی تلفیق دو بیومتریکی رایج و پر کاربرد اثر انگشت و عنیبه در سطح تصمیم گیری با استفاده از منطق فازی پرداخته شده است. در روش ترکیبی، نتایج حاصل از بررسی عنیبه و اثر انگشت با هم به صورت یکجا به منظور تصمیم گیری نهایی ترکیب گردیده و براساس آن اقدام به شناسایی افراد گردیده و در نهایت کارایی این سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج آزمایشات و بررسی های صورت گرفته نشانگر آن است که سیستم بیومتریکی ترکیبی پیشنهاد شده، دارای دقت و قابلیت اطمینان بیشتری نسبت به سیستم هایی بیومتریکی تکی است. در این سیستم مالتی مودال خطای نوع اول FAR و خطای نوع دوم FRR تصمیم گیری به ترتیب برابر با 0.3% و 1.2% می باشد.

کلید واژه: بیومتریکی مالتی مودال، تلفیق عنیبه و اثر انگشت، سطح تصمیم گیری، تشخیص عنیبه، تشخیص اثر انگشت.

۱- مقدمه

در سیستم های اولیه برای تایید کاربران از کارت های با نام کاربری و پسورد استفاده می کردند مثل سیستم های خودپرداز بانکی اما این روش تشخیص هویت دو مشکل اساسی دارد یکی اینکه کاربران براساس چیزی که همراه خود دارند احراز هویت می شوند که ممکن است گم شود یا به سرقت رود و دیگری فراموش کردن پسورد است، بیومتریکی ها راه حل آسان، بادقت و صحت بالایی را برای این مشکلات فراهم کردند این راه حل شناسایی افراد را به بدن انسان یعنی ویژگی های منحصر به فرد آن مربوط می کند این روش ها بر مبنای چیزی که هستیید عمل می کنند نه چیزی که می دانید یا همراه خود دارید.

روش های سنتی تشخیص هویت شخصی دارای ضعف های طبیعی است. بیومتریکی، تکنولوژی و روشی مؤثر به منظور غلبه بر این گونه ضعف ها می باشد. سیستم های بیومتریکی تکی که تنها از یک ویژگی برای تشخیص استفاده می کنند و علاوه بر امنیتی که ایجاد می کنند دارای نقاط ضعفی نظیر داده های نویزی، تمایز اندک ویژگی بیومتریکی، نرخ های خطای غیر قابل قبول و حمله های کلاه برداران می باشند. این مشکلات می تواند با استفاده از سیستم های بیومتریکی مالتی مودال برطرف شود. به منظور بهبود دقت سیستم های بیومتریکی ترکیبی مورد استفاده قرار می گیرد. یک

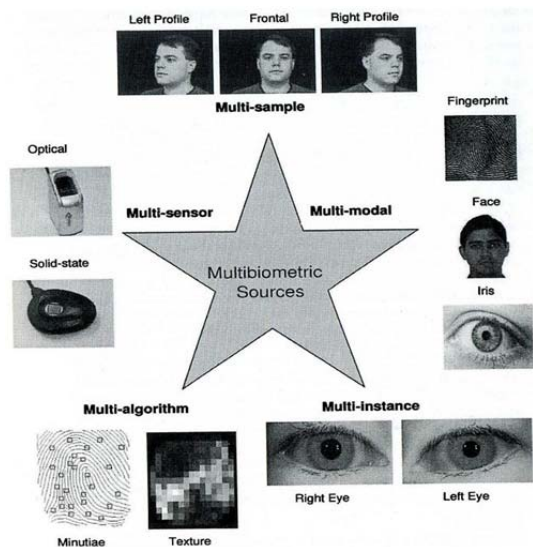
سیستم بیومتریکی مالتی‌مودال سیستمی است که در آن بیش از یک فاکتور بیومتریکی برای تشخیص هویت استفاده می‌شود. از این‌رو استفاده از بیش از یک بیومتریکی برای افزایش ضریب امنیتی و کاهش درجه خطا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش برای اینکه یک سیستم بیومتریکی قوی و قابل اطمینان در سیستم بیومتریکی مالتی مودال داشته باشیم از ویژگی‌های اثر انگشت و عنبیه استفاده می‌کنیم زیرا تشخیص اثر انگشت عمومی‌تر بوده و تشخیص عنبیه هم دقیق‌ترین و قابل اعتمادترین روش در بین بیومتریکی است. عنبیه انسان ساختاری پیچیده دارد که باعث می‌شود اطلاعات زیادی در بافت آن برای انجام عمل تشخیص هویت وجود داشته باشد. براساس موارد مطرح شده در بالا، ادغام بیومتریکی‌ها می‌تواند در هر یک از سطوح انجام شود. هدف این پژوهش سیستم بیومتریکی مالتی مودال با استفاده از بیومتریکی تلفیقی "اثر انگشت و عنبیه" در سطح تصمیم‌گیری از روش منطق فازی (fuzzy logic) به منظور بهبود دقت تصمیم‌گیری و کاهش اشکالات و نواقص موجود نسبت به سیستم‌های بیومتریکی تک مودال می‌باشد. کارایی یک سیستم بیومتریکی معمولاً با توجه به نرخ خطای رد کردن به اشتباه (FRR) و نرخ خطای تشخیص دادن به اشتباه (FAR) ارزیابی می‌شود.

۲- کارهای مرتبط

اریفین و حمید (۲۰۱۴) به بررسی سیستم‌های بیومتریکی مالتی مودال می‌تواند محدودیت‌ها و چالش‌ها در بیومتریکی تک مودال مانند داده‌های نویزی و حملات کلاه برداری را حل کند. [1] سری و رادها (۲۰۱۴) به بررسی بیومتریکی یکی از عمده‌ترین زمینه‌های در شناسایی افراد است. امروزه، بیومتریکی به طور گسترده‌ای در بسیاری از برنامه‌های کاربردی زندگی واقعی مانند امنیت، پزشکی قانونی، و دیگر شناسایی و تشخیص اهداف استفاده می‌شود. در اینجا ما از مشخصه‌های مختلف بیومتریکی و استفاده آنها همراه با مقایسه جنبه‌های مختلف بیومتریکی بحث شده است. اثر انگشت یکی از پرکاربردترین بیومتریکی‌ها است، در حالی که استفاده از عنبیه جدیداً اهمیت ویژه‌ای یافته است. بیومتریکی مالتی مودال می‌تواند عملکرد و قابلیت اطمینان شناسایی بیومتریکی را بیش از قبل افزایش دهد. [2] پورشاهید (۱۳۹۳) به بررسی کلی بیومتریکی‌ها و اهمیت آن‌ها پرداخته است. [3] عبدالهی و همکارانش (۲۰۱۳) به بررسی دو بیومتریکی تکی، عنبیه و اثر انگشت به عنوان چند بیومتریکی استفاده کرده بودند و متوجه شد که با استفاده از این بیومتریکی نتیجه خوب با دقت بالا دارد. سطح امتیاز برای ترکیب استفاده شده است. روش پیشنهادی دقت بالایی در مقایسه با سیستم‌های تک مدی به دست آورد. [4] بنالیوچه و توهریا (۲۰۱۴) این پژوهش به بررسی عملکرد مقایسه‌ای از سه روش مختلف برای ترکیب تشخیص چندوجهی عنبیه و اثر انگشت بررسی قرار می‌دهد: قانون جمع کلاسیک، قانون جمع موزون و روش منطق فازی. مطالعه تطبیقی در ترکیب عنبیه و اثر انگشت در سطح امتیاز و سطح تصمیم‌گیری ارائه شده است. [5] راس و جین (۲۰۰۳) سیستم مالتی مودال توسط این اشخاص پیشنهاد شده است. [6] جان داگمن (۲۰۰۴) "چگونگی کار شناسایی عنبیه" را پیشنهاد کرد داگمن یک سیستم کامل تشخیص عنبیه را به نام خود معرفی نمود که از دقت بالایی برخوردار است و اولین سیستم پیشنهادی تشخیص عنبیه محسوب می‌گردد. [7] در مقاله‌های [8] [9] [10] [11] [12] نشان می‌دهد که سیستم‌های بیومتریکی مالتی مودال بسیار دقیق‌تر، قابل اطمینان‌تر و امنیت بالاتر از استفاده از بیومتریکی تک مودال است. در حالی که هیچ‌یک از بیومتریکی‌ها به تنهایی نمی‌تواند قابلیت اطمینان مطلق را تضمین کنند اما آنها می‌توانند با یکدیگر ادغام شوند و کارایی را به حداکثر برسانند.

۳- بیومتریکی

بیومتریکی به دو دسته تک بیومتریکی و چند بیومتریکی تقسیم می‌شود. الف) سیستم بیومتریکی که تنها از یک ویژگی بیومتریکی را برای تشخیص هویت بکار می‌برند، بیومتریکی تکی نامیده می‌شود. ب) سیستم‌های چند بیومتریکی پنج روش مختلف برای رسیدگی به مشکلات مرتبط با سیستم‌های تک بیومتریکی دارد. [13] شکل (۱) انواع آن را نشان می‌دهد:



شکل ۱: انواع چندبیومتریکی

الف) چند سنسوری^۱ دو یا چند سنسور برای به دست آوردن داده ها از یک صفت بیومتریک مانند تصویر اثر انگشت با سنسور نوری یا دوربین نور مرئی و یا دوربین مادون قرمز استفاده می شود.

ب) چند نمایندگی^۲: چندین سنسور از چندین قسمت های مشابه بدن تصویر برداری می کنند (تصویر چنداثر انگشت از چندین انگشت یک شخص).

ج) چند نمونه ای^۳: سنسور چندین نمونه از بخش های بدن تصویر برداری کند.

د) چند الگوریتمی^۴: دو یا چند الگوریتم مختلف برای صفات مشابه استفاده می شود. [14]

ه) چندوجهی یا مالتی مودال^۵: این روش که با استفاده از دو یا چند از صفات مختلف بیومتریک که از سنسور های مختلف بدست آمده و استفاده از آنها را در استراتژی های انواع تلفیق است که در این مقاله از این روش استفاده می شود.



شکل ۲: دسته بندی بیومتریک

1 - Multi sensor
 2 - Multi sample
 3 - Multi instance
 4 - Multi algorithm
 5 - Multi modal

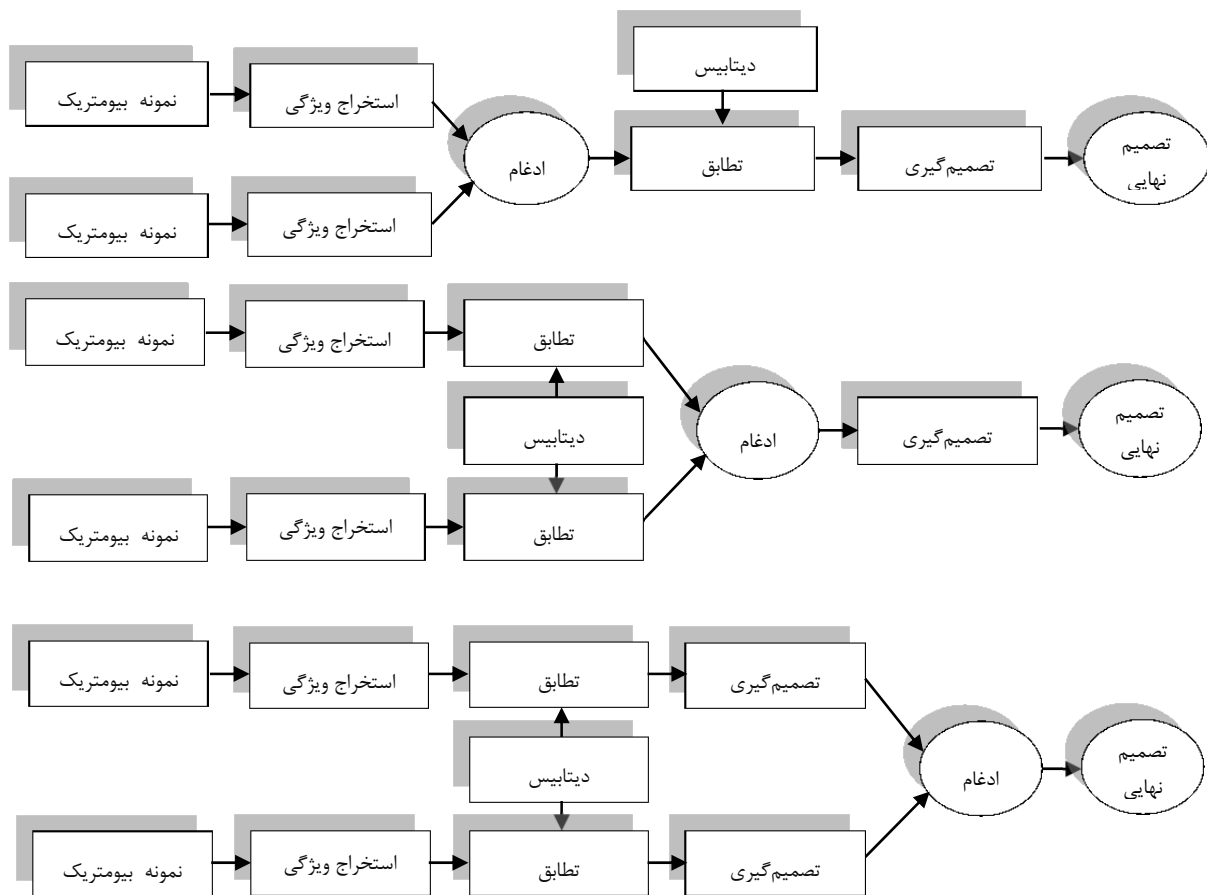
۴- سیستم‌های بیومتریک ترکیبی

لازم به ذکر است که سطح تلفیق بیومتریک خود سه دسته‌اند:

(۱) تلفیق در سطح استخراج ویژگی^۶: چندین بردار ویژگی^۷ از روش‌های بیومتریک مختلف استخراج شده و سپس به روش‌های مختلف با هم ترکیب می‌شوند.

(۲) تلفیق در سطح امتیاز تطبیق^۸: هر تطبیق بیومتریک یک درجه شباهت ایجاد می‌کند که نشان دهنده نزدیکی بردار ویژگی ورودی با بردار الگو است که حوزه تطابق نام دارد. در این سطح از تلفیق این حوزه‌ها می‌توانند با هم ترکیب شوند و در شناساندن کاربر به ما کمک می‌کنند.

(۳) تلفیق در سطح تصمیم‌گیری^۹: در این حالت، هر بیومتریک براساس اطلاعات و تکنیک‌های خود، عمل تشخیص را انجام می‌دهد که در این مقاله ادغام بیومتریک‌ها در این سطح است. [15]



نمودار ۱: انواع تلفیق بیومتریک

۵- معیارهای ارزیابی

کارایی یک سیستم بیومتریک معمولاً با توجه به نرخ خطای رد کردن به اشتباه (FRR) و نرخ خطای تشخیص دادن به اشتباه (FAR) ارزیابی می‌شود و اگر تصاویر یک شخص با هم مقایسه شود امتیاز تطبیق واقعی^{۱۰} و در غیر اینصورت مدعی^{۱۱} شناخته می‌شود. با توجه به میزان تداخل این دو ناحیه، حد آستانه برای جداسازی فواصل امتیاز تطبیق واقعی و امتیاز تطبیق مدعی انتخاب تصاویر مربوط به سایر افراد در پایگاه داده محاسبه تصاویر متعلق به همان فرد در پایگاه داده محاسبه می‌کنیم. [16]

⁶ - Fusion at the feature extraction level

⁷ - feature vectors

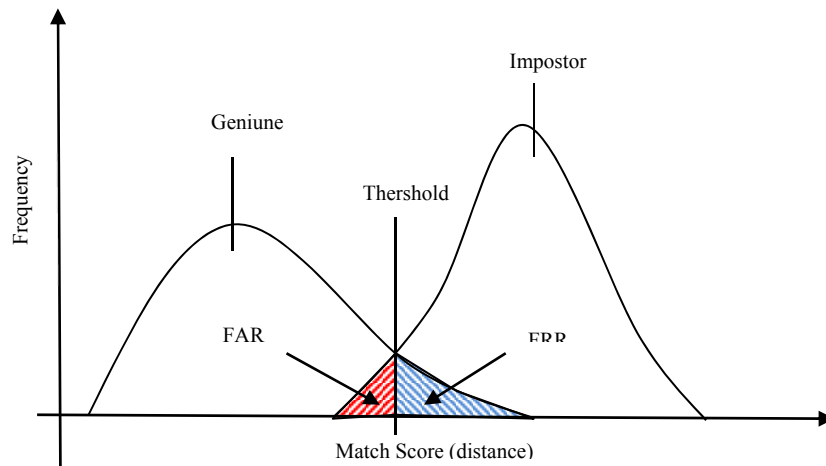
⁸ - Fusion at matching score level

⁹ - Fusion at decision level

¹⁰ - genuine

¹¹ - impostor

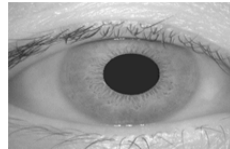
سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنبیه در سطح تصمیم گیری همان طور که مشاهده می شود ناحیه ای بین دو نمودار مشترک است که بیانگر میزان خطاها خواهد بود. در شکل پایین مشاهده می شود که FAR و FRR با یکدیگر مرتبط هستند. با افزایش یک مقدار دیگری کاهش می یابد.



نمودار ۲: نمودار توابع چگالی احتمال تطبیق واقعی و تطبیق مدعی، خطاهای FAR و FRR بر حسب درجه تطابق، خط جداساز دو ناحیه.

۶- پایگاه داده

در این پژوهش از پایگاه داده اثر انگشت ^{۱۲}FVC2004 استفاده شده است که پایگاه داده مورد استفاده کاملاً استاندارد و شناخته شده می باشد. [17] این پایگاه داده شامل چهار دیتابیس می باشد که هر کدام شامل ۸۰۰ تصویر اثر انگشت از ۱۰۰ شخص، که هر شخص ۸ نمونه دارد برای عنبیه از پایگاه داده تصاویر موجود در بانک ^{۱۳}CASIA انجام شده است که شامل ۷۵۶ تصویر از ۱۰۸ شخص، که هر شخص ۷ نمونه دارد و از نرم افزارهای SPSS و Matlab ، XLSTAT استفاده شده است.



شکل ۳: نمونه ای از تصاویر پایگاه داده

۷- نرمال سازی Min-Max

قبل از ادغام باید امتیازات تطبیق اثر انگشت و عنبیه نرمال سازی شود یعنی هر دو سیستم باید بین ۰ و ۱ باشند.

$$N = \frac{MS - \min}{\max - \min}$$

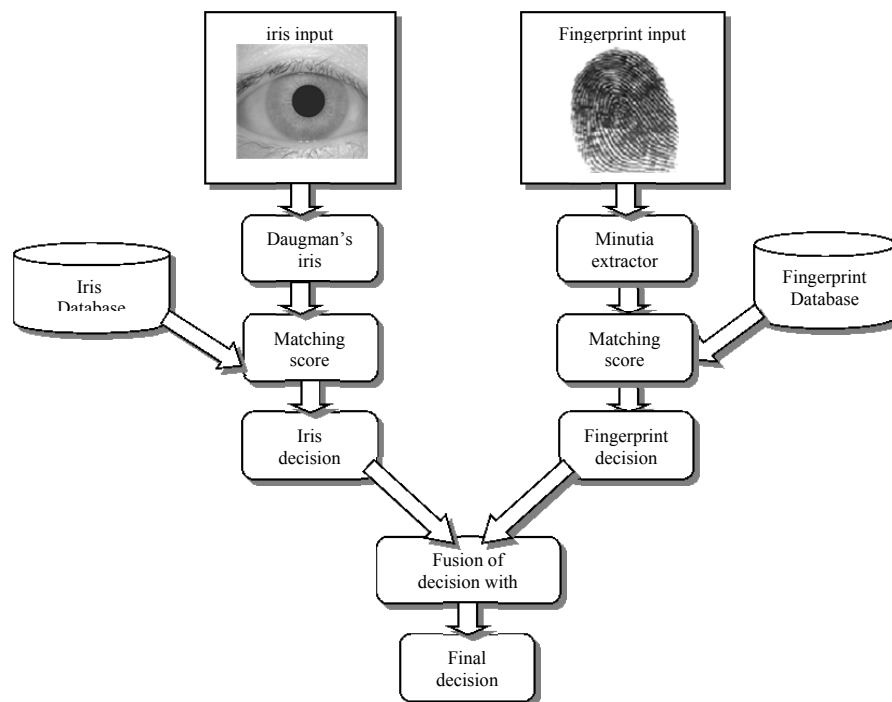
که MS امتیازات تطبیق ویژگی های اثر انگشت و عنبیه هستند.

۸- سیستم بیومتریک مالتی مودال پیشنهادی

هدف تلفیق اثر انگشت و عنبیه در سطح تصمیم گیری می باشد. مراحل مختلف سیستم بیومتریک مالتی مودال پیشنهادی که در شکل زیر نشان داده شده است، این مراحل به صورت زیر اجرا می شود.

¹²- Fingerprint Verification Competition 2004

¹³- Chinese Academy of Sciences-Institute of Automation

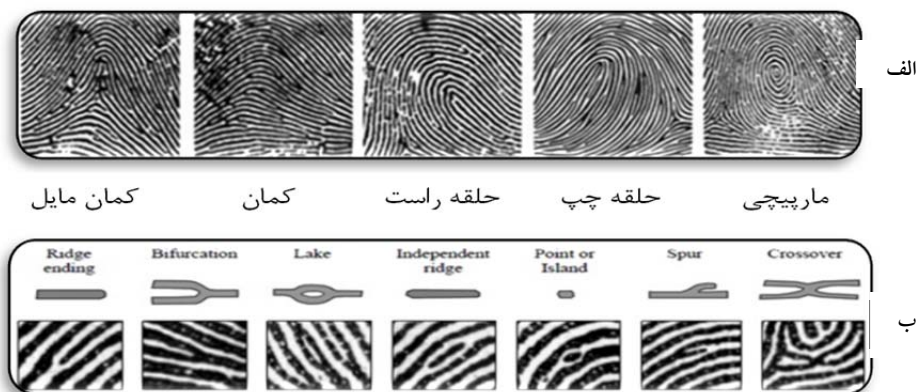


شکل ۴: مراحل مختلف سیستم بیومتریک مالتی-مودال پیشنهادی

۹- ویژگی‌های اثر انگشت

بررسی الگوی اثر انگشت در سطوح متفاوت، انواع مختلفی از ویژگی‌ها را نشان می‌دهد که به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شود: [13]

- ۱) ویژگی‌های سراسری: با انجام این عمل در تصاویر دیگر نیازی به مقایسه با همه داده‌ها نمی‌باشد.
- ۲) ویژگی‌های محلی: به مشخصه‌های محلی، مینوشیا می‌گویند. اثر انگشت ۱۵ نوع مینوشیا مقایسه می‌کند. مهم‌ترین مینوشیا شامل نقاط انشعابی دو شاخه و نقاط پایانی هستند.



شکل ۵: الف) رایج‌ترین الگوهای اثر انگشت (ب) ویژگی‌های محلی اثر انگشت

۱۰- سیستم شناسایی اثر انگشت

یک سیستم تشخیص اثر انگشت شامل دستگاه ثبت اثر انگشت^{۱۴}، استخراج‌کننده مینوشیا^{۱۵} و تطبیق‌گر مینوشیا^{۱۶} است.

¹⁴ - Sensor

¹⁵ - Minutiae extractor

¹⁶ - Minutiae matcher

سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنیبه در سطح تصمیم گیری

۱-۱- سنسور اثر انگشت

امروزه در بیشتر کشورهای متری دنیا دستگاه‌های ثبت اثر انگشت به صورت تمام اتوماتیک و در بعضی جاها به صورت نیمه اتوماتیک درآمده است. اسکنرهای دیجیتالی زنده به پنج دسته نوری^{۱۷}، خازنی^{۱۸}، حرارتی^{۱۹}، فشاری^{۲۰} و فراصوت^{۲۱} تقسیم می‌شوند. [18]

۲-۱- استخراج کننده مینوشیا

برای پیاده سازی استخراج کننده مینوشیا، یک روش سه مرحله‌ای که شامل پیش پردازش^{۲۲}، استخراج مینوشیا^{۲۳} و مرحله پس پردازش^{۲۴} استفاده می‌شود. [19]



شکل ۶: استخراج کننده مینوشیا

۱-۲-۱- پیش پردازش

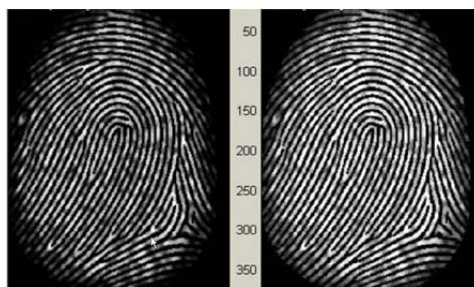
I- بهبود تصویر اثر انگشت^{۲۵}

دو متد پذیرفته شده برای بهبود تصویر در سیستم شناسایی اثر انگشت، یکی یکنواخت کردن هیستوگرام و دیگری تبدیل فوری می‌باشد. [20]

[21]

الف) یکنواخت کردن^{۲۶} هیستوگرام

در این مرحله با تبدیل مقادیر کم، به صفر و افزایش مقادیر زیاد باعث افزایش تفاوت (کنتراست) در عکس می‌شود که باعث بهبود تشخیص خطوط اصطکاکی نسبت به زمینه سفید عکس می‌شود.



شکل ۷: هیستوگرام بهبود یافته، تصویر سمت چپ تصویر اصلی، تصویر سمت راست تصویر بهبود یافته

17 - Optical

18 - Capacitive

19 - Thermal

20 - Pressure-based

21 - Ultrasound

22 - pre-processing

23 - minutia extraction

24 - post-processing

25 - Fingerprint Image Enhancement

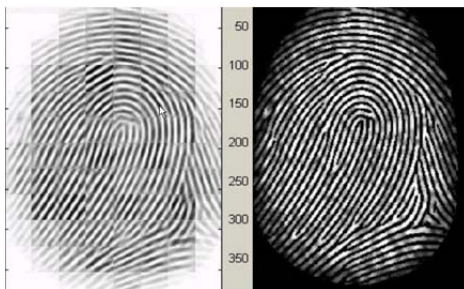
26 - Equalization

(ب) تبدیل فوریه^{۲۷}

در ابتدا تصویر به بلوک‌های پردازشی کوچکی (۳۲×۳۲ پیکسل) تقسیم شده و سپس تبدیل فوریه را مطابق رابطه زیر اعمال می‌شود:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{n=1}^{N-1} f(x, y) \times \exp\{-j2\pi \times (\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})\}$$

$u = 0, 1, 2, \dots, 31, v = 0, 1, 2, \dots, 31.$

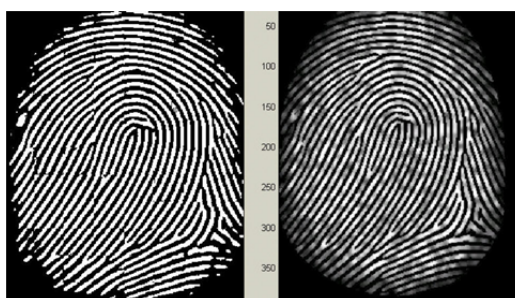


شکل ۸: بهبود تصویر با FFT ، تصویر سمت چپ تصویر بهبود یافته بعد از اعمال FFT ، تصویر سمت راست تصویر بهبود یافته توسط یکنواخت کردن هیستوگرام

-II باینری کردن تصویر اثر انگشت^{۲۸}

تصویر را به بلاک‌های ۱۶×۱۶ پیکسلی تقسیم می‌کند. سپس مقدار هر پیکسل را با میانگین هر بلاک مقایسه می‌کند، اگر مقدار پیکسل، بیشتر از میانگین باشد مقدار آن پیکسل تبدیل به ۱ و اگر کمتر باشد مقدار آن پیکسل تبدیل به صفر می‌شود. شکل زیر تاثیر این قسمت را نمایش می‌دهد:

[21] [18]



شکل ۹: باینری کردن اثر انگشت

-III بخش بندی تصویر اثر انگشت^{۲۹}

در حالت کلی، صرفاً ناحیه مطلوب (ROI)^{۳۰} به تشخیص اثر انگشت کمک می‌کنند. ابتدا نواحی بدون رگه‌های موثر حذف می‌شوند زیرا صرفاً شامل اطلاعات پس زمینه و یا نویز می‌باشند. به منظور استخراج ROI، یک روش دو مرحله‌ای وجود دارد. قدم اول تخمین جهت بلاک‌هاست و قدم دوم اعمال برخی عملگرهای مورفولوژی است. [22]

الف) تخمین جهت بلاک^{۳۱}

27 - Fourier Transformation

28 - Fingerprint Image Binarization

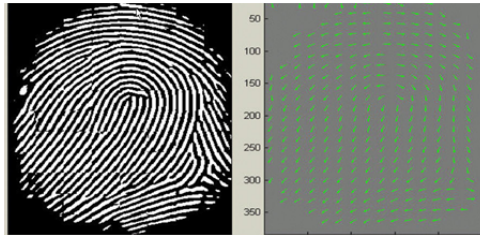
29 - Fingerprint Image Segmentation

30 - Reign of interest

31 - Block direction estimation

سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنیبه در سطح تصمیم گیری

ابتدا یک بلاک W در W پیکسلی (با مقدار پیش فرض ۱۶ در ۱۶) انتخاب شده و الگوریتم تخمین جهت بلاک به صورت زیر انجام می شود:



شکل ۱۰: تصویر سمت چپ تصویر باینری شده، تصویر سمت راست نقشه جهت حرکت

(ب) اجرای عملگرهای مورفولوژیک^{۳۲}

در اینجا از دو عملگر مورفولوژی به نام های باز^{۳۳} و بسته^{۳۴} استفاده شده است که عملگر باز می تواند تصاویر را بسط داده و حذف پیک های^{۳۵} که توسط نویز پس زمینه نشان داده شده است و عملگر بسته تصاویر را فشرده می کند و حفره های کوچک را حذف می کند.

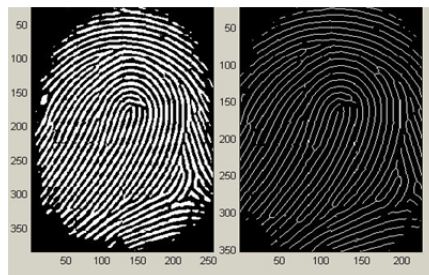
۱-۲-۲- استخراج مینوشیا

استخراج مینوشیا به دو مرحله فرعی باریک سازی^{۳۶} و مشخص کردن مینوشیا^{۳۷} تقسیم می شود:

الف) باریک سازی

مرحله اول در استخراج مینوشیا، نازک سازی تصاویر است برای این منظور عرض خطوط اصطکاکی را تا زمانی که عرض آنها برابر با یک

پیکسل شود کم می کنیم [18][21][19]



شکل ۱۱: باریک سازی تصویر اثر انگشت

(ب) مشخص کردن مینوشیا

بطور عمومی برای مشخص کردن مینوشیا از پنجره های ۳×۳ استفاده می کنیم. اگر پیکسل مرکزی یک و دارای دقیقاً سه همسایه با مقدار یک باشد، در این صورت پیکسل مرکزی به عنوان یک رگه دو شاخه شده محسوب می شود شکل (الف). اما اگر پیکسلی مرکزی با مقدار یک تنها یک همسایه با مقدار یک داشته باشد، پیکسل مرکزی به عنوان یک رگه ختم شده محسوب می گردد (شکل ب).

³² - Extraction by Morphological operations

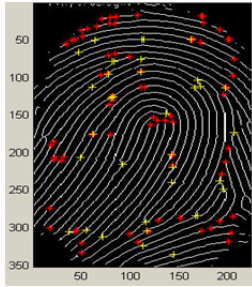
³³ - OPEN

³⁴ - CLOSE

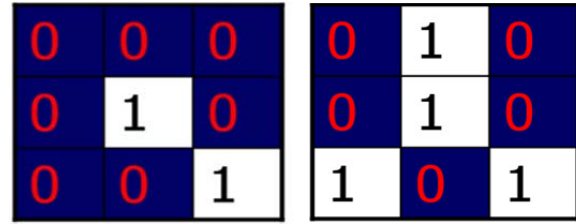
³⁵ - peaks

³⁶ - Thinning

³⁷ - Minutia Marking



شکل ۱۳: مشخص کردن مینوشیا، زرد نشان دهنده رگه دو شاخه شده و قرمز نشان دهنده رگه ختم شده



الف

ب

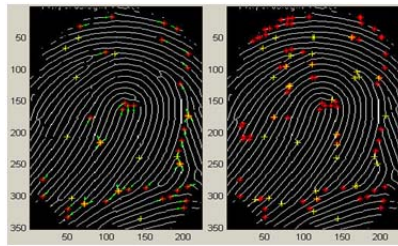
شکل ۱۲: الف) سمت چپ رگه ختم شده (ب) سمت راست رگه های دو شاخه شده،

۱-۲-۳- پس پردازش

پیش پردازش داده ها به تنهایی نمی تواند تمام عیوبی که هنگام ثبت اثر انگشت به وجود آمده است را از بین ببرد. به همین دلیل به یک پردازش مجزا بعد از یافتن مینوشیای اثر انگشت نیاز است.

• حذف مینوشیا نادرست^{۳۸}

مرحله پیش پردازش، تصویر اثر انگشت را کاملاً مطلوب نمی سازد. برای مثال شکستگی رگه نادرست بدلیل ناکافی بودن جوهر و اتصال رگه قطع شده به علت بیش از اندازه بودن جوهر بطور کامل از بین نمی رود.



شکل ۱۴: تصویر سمت چپ مینوشیا بعد از حذف مینوشیاهای نادرست

۱-۳-۱- تطبیق گر مینوشیا

دو مجموعه مینوشیا از دو تصویر اثر انگشت استخراج می شوند و الگوریتم تطبیق مشخص می کند آیا این دو مجموعه مینوشیا از اثر انگشت های مشابه هستند یا نه

۱۱- مراحل تشخیص هویت بیومتریک عنبیه

برای تعیین هویت با عنبیه، روش هایی از جمله بولز [23]، وایلز [24]، داگمن [25] ارائه شده اند. به دلیل اهمیت زمان و دقت تشخیص در تعیین هویت، تنها روش داگمن کاربرد صنعتی موفق یافته است [26]. [7] مراحل انجام عمل تشخیص هویت عنبیه به صورت زیر می باشد [27]:

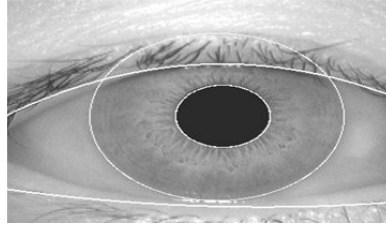
I- تصویربرداری

برای تشخیص هویت به کمک تصاویر عنبیه ابتدا باید تصویر چشم برای پردازشی به صورت دیجیتال تهیه شود. در اینجا پایگاه داده ای از تصاویر چشم انسان با استفاده از نور مرئی و نور مادون قرمز تهیه شده است که پایگاه تصاویر استفاده شده در قسمت های بعدی پروژه پایگاه تصاویر CASIA [28] می باشد.

سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنبیه در سطح تصمیم گیری

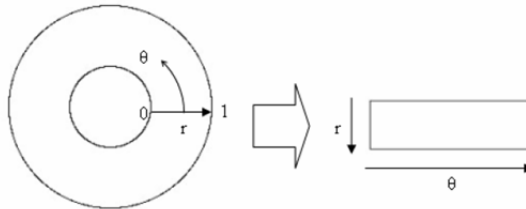
II- قطعه بندی^{۳۹} (پیدا کردن مرز عنبیه - صلبیه و مرز عنبیه - مردمک)

قطعه بندی در سامانه تشخیص هویت دارای اهمیت زیادی است که در صورت عدم انجام دقیق آن، چهار نوع نویز ناشی از مژه‌ها، پلک‌ها، انعکاسات و مردمک به سیستم اضافه شده و کارایی سیستم را پایین می‌آورد [29] بنابراین برای سهولت پردازش‌های بعدی ابتدا باید تصاویر اولیه عنبیه قطعه بندی شوند، زیرا موفقیت سیستم در مراحل بعدی به دقت انجام این مرحله بستگی دارد [3].



III- نرمال سازی^{۴۰}

بدین ترتیب ناحیه عنبیه به صورت یک نوار نرمالیزه شده با توجه به مرزهای عنبیه و مرکز مردمک بدست می‌آید. ناحیه عنبیه روی یک نوار ۵۱۲ × ۶۴ (به ترتیب در راستاهای r و θ) نگاشته شده است.



شکل ۱۶: چگونگی نگاشت دیسک عنبیه بر روی نوار با ابعاد دلخواه



شکل ۱۷: ناحیه نرمالیزه شده عنبیه

IV- استخراج ویژگی

این کار به تولید یک کد ۲۵۶ بیتی (۲۰۴۸ بیتی) منجر می‌شود که پروسه ذخیره سازی و همچنین مقایسه را کاراتر می‌سازد. [27]



شکل ۱۸: مراحل استخراج ویژگی در سامانه داگمن

V- تطابق

استفاده از فاصله همینگ برای مقایسه دو الگو در سامانه تشخیص هویت براساس تصاویر عنبیه می‌تواند به ما بیان کند که آیا دو کد تولید شده از دو تصویر متعلق به یک چشم هستند یا نه. اگر دو بیت مشابه یعنی هر دو ۰ یا هر دو یک باشد سیستم ارزش ۰ را به نتیجه مقایسه می‌دهد و اگر متفاوت باشد ارزش ۱ نتیجه مقایسه دو بیت خواهد بود. رابطه فاصله همینگ به صورت زیر است:

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \oplus Y_i$$

³⁹ - Segmentation

⁴⁰ - Normalization

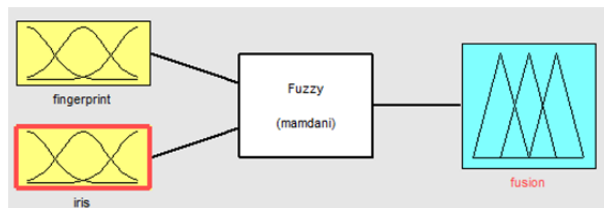
۱۲- منطق فازی

سیستم استنتاج فازی نگاهی از فضای ورودی به خروجی است که با استفاده از توابع عضویت و قوانین فازی پیاده سازی می شوند در واقع سیستمی است که تجربیات بشر را با توابع عضویت و قوانین فازی پیاده سازی می کند و یک روش عمومی برای ترکیب دانش، فن آوری هوشمند، کنترل و تصمیم گیری است. از مهم ترین الگوریتم های استنتاج فازی می توان به الگوریتم استنتاج ممدانی، تاکاگی سوگنو اشاره کرد. از جمله مزایای منطق فازی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- منطق فازی به تفکر و منطق انسان نزدیک است.
- برنامه های طراحی شده با منطق فازی سریع و کم هزینه هستند.
- به راحتی می تواند مدل سازی شوند.
- به طور گسترده ای در سیستم های کنترل و پیش بینی تصمیم قابل استفاده است.
- برای توصیف پدیده های غیرقطعی و نامشخص به کار می روند.

۱۲-۱- تلفیق اثر انگشت و عنبیه با استفاده از الگوریتم استنتاج ممدانی

مراحل اصلی منطق فازی در شکل نشان داده شده است. [30]

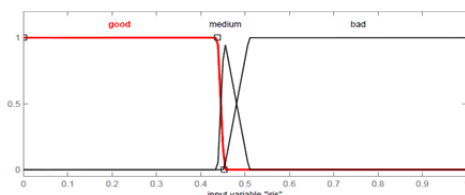


شکل ۱۹: نمایی از منطق فازی

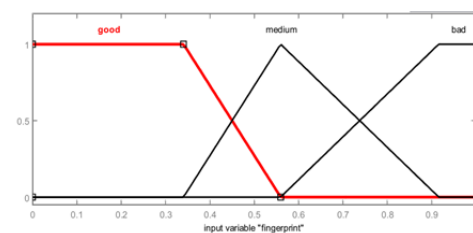
سیستم های استنتاج فازی پیشنهاد شده باعث کاهش نرخ خطای FAR و FRR می شود قوانین if-Then فازی تصمیماتی را براساس فاصله محاسبه شده برای هر روش را ایجاد می کند.

بدین صورت

- ۱) دو متغیر فازی را برای ورودی تعریف می کنیم: "Fingerprint" برای صفت اثر انگشت و "Iris" برای صفت عنبیه.
- ۲) متغیر فازی خروجی تعریف می کنیم: "Fusion"
- ۳) برای هر ورودی، سه مجموعه ی فازی تعریف شده است: بد، متوسط و خوب (good, medium, bad)



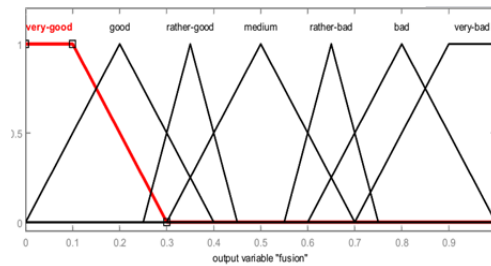
شکل ۲۱: ورودی سیستم فازی برای عنبیه



شکل ۲۰: ورودی سیستم فازی برای اثر انگشت

- ۴) خروجی فازی شامل: (very bad, bad, rather bad, medium, rather good, good, very good)

سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنبیه در سطح تصمیم گیری



شکل ۲۲: خروجی فازی (الگوریتم استنتاج ممدانی)

۵) قوانین if-Then فازی: ترکیب تصمیم گیری براساس روش عنبیه و اثر انگشت با توجه به قوانین فازی به صورت جدول ۱ پیاده سازی می شود با قوانین، وزن بیشتری به عنبیه می دهیم چون طبق نتایج آزمایش عنبیه و اثر انگشت که در جدول ۲ و ۳ است دقت و نرخ پذیرش واقعی سیستم شناسایی عنبیه بالاتر از سیستم شناسایی اثر انگشت است. در این قسمت قوانین را به صورت زیر وزن دهی می کنیم.

(۶)

جدول ۱: قوانین فازی

Fingerprint \ Iris	Good	Medium	Bad
Good	very good	good	rather good
Medium	good	rather good	rather bad
Bad	medium	bad	Very bad

۱۳- تجزیه و تحلیل

در این پروژه از پایگاه داده اثر انگشت FVC2004⁴¹ استفاده شده است که پایگاه داده مورد استفاده کاملاً استاندارد و شناخته شده می باشد [17]. پیاده سازی بر روی تصاویر عنبیه موجود در بانک CASIA انجام شده است که آزمایشات بر روی ۶۲۴ تصویر اثر انگشت از ۱۰۴ شخص، که هر شخص ۶ نمونه دارد. برای عنبیه، آزمایشات بر روی ۶۲۴ تصویر عنبیه از ۱۰۴ شخص، که هر شخص ۶ نمونه دارد. در این پژوهش ابتدا سیستم شناسایی اثر انگشت و عنبیه پیاده سازی شد و سپس عملکرد روش های مختلف برای ترکیب عنبیه و اثر انگشت مورد بررسی قرار گرفت، که با استفاده از روش های منطق فازی ممدانی، قانون میانگین گیری و قانون ضرب در ترکیب عنبیه و اثر انگشت در سطح تصمیم گیری انجام شده است.

نتایج تجربی نشان داده اند که روش پیشنهادی که ادغام با استفاده از روش منطق فازی در سطح تصمیم گیری است دقت و نرخ پذیرش واقعی بالاتری نسبت به روش های دیگر و همچنین سیستم تک مودال دارد.

در جداول زیر محل برخورد FAR و FRR که نشان دهنده بهترین میزان آستانه مشخص شده است.

در بیومتریک، دقت سیستم از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\text{Accuracy} = 100 - \left(\frac{\text{FAR} + \text{FRR}}{2} \right)$$

⁴¹ - Fingerprint Verification Competition 2004

سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنیبه در سطح تصمیم گیری

جدول ۵: بهترین FAR و FRR، حد آستانه با استفاده از قانون

میانگین گیری

threshold	FRR	FAR
0.149	1.000	0.000
0.153	0.999	0.000
0.227	0.988	0.000
0.316	0.840	0.000
0.363	0.613	0.000
0.402	0.412	0.000
0.421	0.300	0.000
0.443	0.191	0.000
0.445	0.174	0.001
0.472	0.097	0.004
0.487	0.062	0.012
0.494	0.051	0.018
0.496	0.045	0.021
0.507	0.035	0.041
0.526	0.021	0.103
0.560	0.006	0.353
0.573	0.003	0.486
0.583	0.002	0.595
0.610	0.001	0.824
0.632	0.000	0.936
0.674	0.000	0.995
0.697	0.000	0.999
0.738	0.000	1.000

جدول ۶: بهترین FAR و FRR، حد آستانه برای الگوریتم استنتاج

ممدانی

threshold	FRR	FAR
0.11	0.743	0.000
0.15	0.542	0.000
0.20	0.156	0.000
0.25	0.097	0.000
0.30	0.054	0.000
0.35	0.033	0.000
0.40	0.026	0.000
0.50	0.021	0.001
0.56	0.017	0.002
0.59	0.012	0.003
0.60	0.012	0.005
0.64	0.010	0.013
0.70	0.006	0.042
0.75	0.004	0.219
0.77	0.003	0.598
0.79	0.001	0.805
0.80	0.001	0.927
0.81	0.000	0.986
0.84	0.000	0.999

جدول ۲: بهترین FAR و FRR، حد آستانه برای سیستم شناسایی اثر انگشت

Threshold	FRR%	FAR%
30	99.04	0.00
35	97.95	0.00
40	94.42	0.00
45	88.27	0.00
50	77.37	0.00
55	62.18	0.01
58	50.26	0.05
60	44.68	0.12
65	27.95	0.99
70	12.44	10.89
75	6.09	20.45
80	2.18	46.87
85	0.71	75.10
90	0.13	92.34
95	0.06	98.51

جدول ۳: بهترین FAR و FRR، حد آستانه برای سیستم شناسایی عنیبه

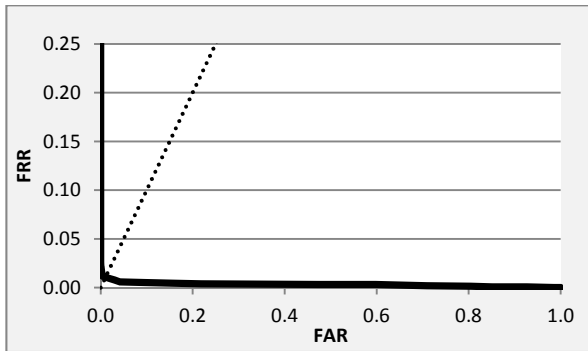
Threshold	FRR%	FAR%
0.188	99.936	0.000
0.203	99.744	0.000
0.250	97.756	0.000
0.300	84.423	0.000
0.350	50.000	0.000
0.400	14.487	0.000
0.448	2.821	0.050
0.451	2.564	0.175
0.453	2.308	0.338
0.465	1.667	10.738
0.471	1.346	31.035
0.476	1.090	57.098
0.482	0.833	80.597
0.502	0.128	99.950

جدول ۴: بهترین FAR و FRR، حد آستانه با استفاده از قانون ضرب

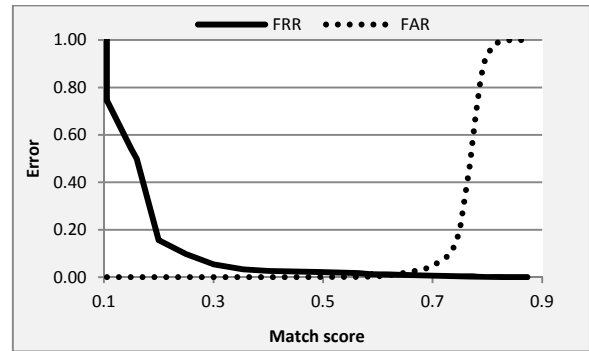
threshold	FRR	FAR
0.013	0.999	0.000
0.100	0.830	0.000
0.150	0.463	0.000
0.194	0.161	0.000
0.198	0.143	0.001
0.225	0.060	0.005
0.230	0.052	0.007
0.240	0.041	0.014
0.245	0.033	0.021
0.265	0.015	0.068
0.273	0.012	0.101
0.293	0.007	0.233
0.314	0.002	0.437
0.350	0.000	0.794
0.370	0.000	0.913
0.404	0.000	0.989

سیستم مالتی مودال بیومتریک با تلفیق اثر انگشت و عنبیه در سطح تصمیم گیری

در جدول ۶ که بهترین FAR و FRR، حد آستانه برای منطق فازی را نشان می‌دهد و در نمودار ۳ محل برخورد دو خط نشان‌دهنده بهترین میزان آستانه می‌باشد که در حد آستانه ۰.۵۹، FRR برابر ۱.۲٪ و FAR برابر ۰.۳٪ است.

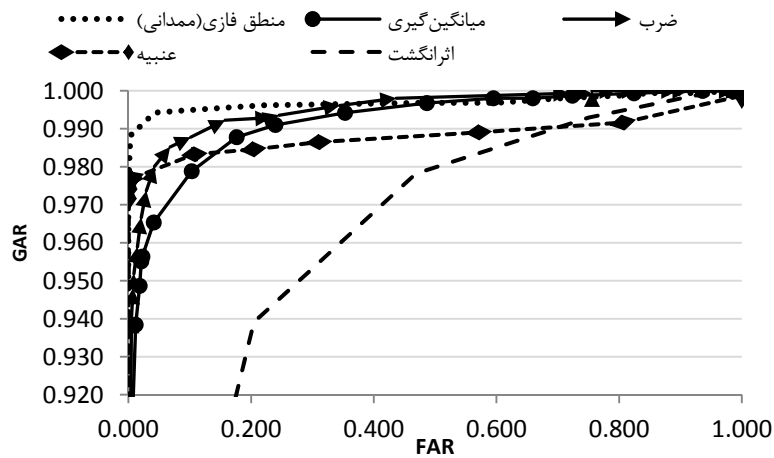


نمودار ۴: منحنی نرخ پذیرش نادرست و نرخ رد نادرست (الگوریتم استنتاج ممدانی)



نمودار ۳: منحنی نرخ پذیرش نادرست و نرخ رد نادرست برای آستانه‌های متفاوت (الگوریتم استنتاج ممدانی)

در نمودار ۴، نرخ پذیرش واقعی $(GAR=1-FRR)^{42}$ را برای آستانه‌های متفاوت FAR نشان می‌دهد. به عنوان مثال در نرخ خطای FRR برابر با ۱.۲٪، نرخ پذیرش واقعی ۹۸.۸٪ خواهد بود در نمودار زیر به مقایسه نتایج بدست آمده از روش‌های بررسی شده برای ادغام اثر انگشت و عنبیه در یک نمودار پرداخته است. نتایج تجربی نشان داده اند که روش پیشنهادی که ادغام با استفاده از روش منطق فازی ممدانی در سطح تصمیم گیری، دقت و نرخ پذیرش واقعی بالاتری نسبت به روش‌های دیگر و همچنین سیستم تک مودال دارد.



نمودار ۵: مقایسه نتایج

۱-۱۶- مقایسه نتایج دقت آزمایش‌ها

در جدول ۷ به مقایسه دقت روش‌های مختلف تلفیق و همچنین بیومتریک تکی پرداخته شده است همانطور که در جدول ۲ تا ۶ بهترین حد آستانه و FAR، FRR را نشان می‌دهد که در اینجا به مقایسه دقت آزمایش‌ها می‌پردازد. دقت و صحت 43 برابر $(Accuracy = 100 - (FAR+FRR)/2)$ است. به عنوان مثال بهترین حد آستانه برای سیستم منطق فازی در جدول ۶ برابر ۰.۵۹ است که در این حد آستانه FRR برابر ۱.۲٪ و FAR برابر ۰.۳٪ است. و طبق فرمول دقت و صحت سیستم برابر ۹۹.۲۴٪ است. دقت و صحت سیستم برای اثر انگشت ۸۸.۳۳٪، عنبیه ۹۸.۶۷٪، قانون ضرب ۹۷.۲۹٪، قانون میانگین گیری ۹۷.۷۲٪، فازی ممدانی ۹۹.۲۴٪ می‌باشد.

⁴² - Genuine Acceptance Rate

⁴³ - Accuracy

جدول ۷: مقایسه دقت آزمایش‌ها

آزمایش‌ها	دقت %
Fingerprint(fvc2004)	88.33
Iris(CASIA-V1)	98.67
Fingerprint+Iris(Mean rule)	96.72
Fingerprint+Iris(product rule)	97.29
Fingerprint+Iris(Mamdani fuzzy logic)	99.24

۱۴- مقایسه روش پیشنهادی با کارهای مرتبط

در جدول زیر به مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های مختلف ادغام اثرانگشت و عنبیه در مقالات پرداخته می‌شود.

جدول ۵-۳: مقایسه کارایی با کارهای مرتبط

نویسنده	سال	سطح ادغام	دقت %
کانکرال و همکارانش [31]	۲۰۱۲	استخراج ویژگی	۹۷.۵
گوانده و همکارانش [32]	۲۰۱۲	امتیاز	۹۸.۵
گوانده [33]	۲۰۱۳	استخراج ویژگی	۹۴.۰۷
بهارادی و همکارانش [34]	۲۰۱۴	تصمیم‌گیری	۷۷
سامیت [35]	۲۰۱۲	استخراج ویژگی	۹۸.۷
روش پیشنهادی	۲۰۱۷	تصمیم‌گیری	۹۹.۲۴

۱۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش ابتدا اثرانگشت مبتنی بر مینوشیا و سیستم شناسایی عنبیه با روش داگمن پیاده‌سازی شد و سپس عملکرد روش‌های مختلفی برای ترکیب عنبیه و اثرانگشت مورد بررسی قرار گرفت، که با استفاده از روش‌های منطق فازی ممدانی، قانون میانگین‌گیری و قانون ضرب در ترکیب عنبیه و اثرانگشت در سطح تصمیم‌گیری انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که تلفیق با استفاده از منطق فازی ممدانی نسبت به سایر روش‌های ادغام و همچنین سیستم تک مودال بهتر است. آنچه در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، کم کردن نرخ خطا و بهبود دقت در سطح تصمیم‌گیری در سیستم مالتی مودال مبتنی بر اثرانگشت و عنبیه بوده است که براساس منطق فازی دقیق تر است. با توجه به بررسی آزمایش‌های صورت گرفته در جهت بهبود تصمیم‌گیری در سطوح مختلف و انجام مطالعات آتی ارائه می‌گردد. تلفیق دو بیومتریک عنبیه و اثرانگشت با استفاده از شبکه عصبی و منطق فازی در سطوح دیگر مثل سطح استخراج ویژگی یا سطح امتیاز را می‌توان پیشنهاد داد. در سیستم شناسایی اثرانگشت و عنبیه می‌توان از الگوریتم‌های دیگری که دقت بالاتری دارند مورد استفاده قرار گیرد چون باعث کم کردن نرخ خطا و بهبود دقت در سیستم مالتی مودال می‌شود. در زمینه شناسایی عنبیه شامل وایلدز^[36] و روش ژانگ^[37] و ... است. می‌توان برای افزایش دقت سیستم، روش‌های بیومتریکی دیگری را به سیستم پیشنهادی اضافه کنیم نظیر چهره یا کف دست تا دقت سیستم افزایش یابد.

44 - Wildes

45 - Zhang

- [1] Ekramul Hamid Morshedul Arefin, "A Comparative Study on Unimodal and Multimodal Biometric Recognition," International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME), 2014.
- [2] N.Radha Soruba Sree, "A Survey on Fusion Techniques for Multimodal Biometric Identification," International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering(IJIRCCE), 2014.
- [۳] تینا پورشاهید, راهنمای جامع فن‌آوری بیومتریک: تشخیص و تایید هویت براساس آخرین تکنولوژی‌های زیست سنجی, ۱۳۹۳.
- [4] majid mohamadi, mehdi jafary Mohamed abdolahi, "Multimodal Biometric system Fusion Using Fingerprint and Iris with Fuzzy Logic.," IJSCE, 2013.
- [5] Houda Benaliouche and Mohamed Touahria, "Comparative Study of Multimodal Biometric Recognition by Fusion of Iris and Fingerprint," The Scientific World Journal, p. 13, 2014.
- [6] Anil Jain Arun Ross, "Multimodal biometrics: An overview," International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2004.
- [7] John Daugman, "How Iris Recognition Works?," in International Conference on Image Processing, vol. 1, 2002.
- [8] M. Acheroy Patrick Verlinde, "A Contribution to Multi-Modal Identity Verification Using Decision Fusion," 1999.
- [9] Fellow, Arun Ross, Salil Prabhakar Anil K. Jain and Arun Ross, Salil Prabhakar Fellow, "An Introduction to Biometric Recognition," IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, 2004.
- [10] L. Hong and Y. Kulkarni A. Jain, "A Multimodal Biometric System Using Fingerprint, Face, and Speech," in Proceedings of the International Conference on Audio-Video based Biometric Person Authentication, 1999.
- [11] A. Jain L. Hong, "Integrating faces and fingerprints for personal identification," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998.
- [12] Ujwalla Gawande and Anushree Sapre, Apurva Jain, Sanchita Bhriegu, S , "Fingerprint-Iris Fusion Based Multimodal Biometric System Using Single Hamming Distance Matcher," International Journal of Engineering Inventions, pp. 54-61, 2013.
- [13] Davide et al Maltoni, Handbook of fingerprint recognition., 2009.
- [14] Ma'en Zaid AlRwashdeh Harbi AlMahafzah, A Survey of Multibiometric Systems.
- [15] Arun Ross, Salil Prabhakar Anil K. Jain, "An Introduction to Biometric Recognition," IEEE, 2004.
- [16] N.K. Ratha, and R. Bolle S. Pankanti, "Structure in Errors:A Case Study in Fingerprint Verification," in Pattern Recognition, 2002.
- [17] Fingerprint Database. [Online]<http://bias.csr.unibo.it/fvc2004/>
- [18] Maltoni D Maio D., "Direct gray-scale minutiae detection in fingerprints," IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, p. 19, 1997.
- [19] Prapti Deshmukh Rupali Telgad, "Computer Aided Technique for Finger Print Image Enhancement and Minutiae Extraction," International Journal of Computer Applications, pp. 9-15, 2013.
- [۲۰] خیرالنساء محقق‌نژاد, ارزیابی و تحلیل الگوریتم‌های تایید هویت براساس ادغام در سطح تصمیم مبتنی بر اثر انگشت و عنیبه, ۱۳۹۰.
- [21] OM SRI SATYASAI TATSAT NAIK, Study of finger prints recognition system, 2003.
- [22] S. Chen and A.K. Jain N. Ratha, N. Ratha, S. Chen, and A.K. Jain, "Adaptive Flow Orientation Based Feature Extraction in Fingerprint Images," Pattern Recognition, pp. 1657-1672, 1995.
- [23] Boashash B. Bolse W, "A human identification technique using images of the iris and wavelet transform," IEEE, 1998.
- [24] Wildes R, "Iris recognition: an emerging biometric technology," IEEE , 1997.
- [25] Gifford MM, McCartney DJ, Seal CH Daugman J, "Networked biometrics systems: requirements based on iris ecognition," BT Technol J, 1999.
- [۲۶] امین اله مه آبادی, اصغر میرزایی, "روش نوین تشخیص عنیبه در تعیین هویت", چشم پزشکی بینا, ۱۳۸۷.
- [27] Masek Libor, recognition of human iris patterns for biometrics identification, 2003.
- [28] Chinese Academy of Sciences, Institute of Automation. [Online]. <http://biometrics.idealtest.org/>
- [۲۹] هاتف مهراییان, احمد پورصابری, بابک نجار اعرابی, "تشخیص مرزهای عنیبه در تصویر چشم در سامانه های تشخیص هویت با استفاده از ماسک لاپلاسیان و تبدیل هاف" چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران, ۱۳۸۵.
- [30] majid mohamadi, mehdi jafary Mohamed abdolahi, "Multimodal Biometric system Fusion Using Fingerprint and Iris with

Fuzzy Logic.," IJSCE, 2013

- [31] S. D. Sapkal R. N. Kankrale, "Template level concatenation Template level concatenation systems," International Journal of Electronics, Communication & Soft Computing Science & Engineerin, 2012.
- [32] S. R.Nair,H. Balani, N. Pawar, M. Kotpalliwar U.Gawande, "A high speed frequency based multimodal biometric system using iris and fingerprint," International Journal on Advanced Computer Engineering and Communication Technology, 2012.
- [33] Anushree Sapre, Apurva Jain, Sanchita Bhriegu, Shruti Sharma Ujwalla Gawande, "Fingerprint-Iris Fusion Based Multimodal Biometric System Using Single Hamming Distance Matcher," International Journal of Engineering Inventions, 2013.
- [34] Bhavesh Pandya, Bhushan Nemade Vinayak Ashok Bharadi, "Multimodal Biometric Recognition using Iris and Fingerprint," IEEE transactions, 2014.
- [35] Vishal M. Patel, Nasser M. Nasrabadi, Rama Chellappa S.Sumit, "Joint Sparsity-Based Robust Multimodal Biometrics Recognition," Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
- [36] R.Wildes, "Iris recognition: An emerging biometric echnology," Proceedings of the IEEE, 1997.
- [37] D.Zhang W.Kong, "Accurate iris segmentation based," ISIMVSP, 2001.

Multimodal biometric system combining fingerprint and iris at decision level

Fatemeh Keshavarzi^{1*}, Kaveh Pashaei², Hossein Momenzadeh Haghghi³

1.Department of Information Technology Engineering, Bushehr branch, Islamic Azad University, Bushehr,Iran
fk.keshavarzi89@gmail.com

2.Department of Information Technology Engineering, Bushehr branch, Islamic Azad University, Bushehr,Iran
kaveh80@gmail.com

3.Department of Information Technology Engineering, Bushehr branch, Islamic Azad University, Bushehr,Iran
momenzadeh.hossein@gmail.com

Abstract:

Mono-modal biometric systems, by using only a biometric feature to determine the identity of individuals, we will face some problems such as noisy data, low distinction biometric feature, unacceptable error rates and spoofs attacks. But by using multi-modal biometric systems, we will largely overcome these problems and increase the performance and reliability of biometric identification even more, because these systems in comparison with mono-modal biometric systems have more accuracy and greater security. In this regard, this study combines two common and widely used biometric trait fingerprint and iris at the level of decision-making by using the fuzzy logic method. Therefore we have used CASIA database for iris and FVC2004 database for the fingerprint. Results of tests and studies indicate that the proposed combination of biometric systems has more precision and reliability than mono-modal biometric systems. In the fusion system, the error Type I (FAR) and Type II (FRR), respectively are 0.3% and 1.2%.

Keywords: multimodal biometrics, iris and fingerprint combination, the level of decision-making, iris recognition, fingerprint recognition.