پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

رشته‌ی مهندسی کامپیوتر ، گرایش نرم افزار

روشی مقاوم برای تشخیص هویت افراد از روی همجوشی اطلاعات اثرانگشت

نگارش : حمزه علی محفوظ

استاد راهنما : دکتـــر نصـــرالله مقـــدم

استاد مشاور : دکتر مهدی آبادی

پاییز ۱۳۹۰

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای **حمزه علی محفوظ** پایان نامه ۹ واحدی خود را با عنوان **روشی مقاوم جهت شناسایی افراد از روی همجوشی اطلاعات اثر انگشت** در تاریخ ۱۳۹۰/۹/۳۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر-نرم افزار پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر نصراله مقدم چرکری	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر مهدی آبادی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر بهزاد اکبری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محسن سریانی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر بهزاد اکبری	استادیار	

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

حمزه علی محفوظ نام و نام خانوادگی

امضاء

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **مهندسی کامپیوتر** است که در سال **۱۳۹۰** در دانشکده **برق و کامپیوتر** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر **دکتر نصرالله مقدم** ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر **مهدی آبادی** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **حمزه علی محفوظ** دانشجوی رشته **مهندسی کامپیوتر** مقطع **کارشناسی ارشد**

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **حمزه علی محفوظ**

تاریخ و امضا: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲

تقدیم به ....

خانواده‌ی عزیزم

مادر و پدرم که جوانی خود را فدای پیشرفتم کردند

و همسر مهربانم خانم خان بره

با تشـــــکر از ...

استاد راهنما جناب آقای دکتر نصر ا... مقدم چرکری، که با شکیبایی راه علم را برایم روشن کرد

اساتید محترم گروه کامپیوتر آقایان دکتر سعید جلیلی، دکتر بهزاد اکبری، دکتر مهدی آبادی و دکتر محمد صنیعی آباده

خانم نبوی مسئول محترم دانشجویان غیر ایرانی در وزارت علوم

و تمامی عزیزانی که مرا در این دوره یاری کردند

چکیده

شناسایی بیومتریکها،[1] به استفاده از مشخصات رفتاری و فیزیکی انسان برای شناسایی افراد اطلاق میشود. مشخصات فیزیکی همچون اثرانگشت ، چهره ، قرنیه چشم و مشخصات رفتاری مانند امضا ، طرز نگارش و... می‌باشد . [۲۹]

سیستم های کنترل دسترسی سنتی که عمدتا مبتنی بر ورود کلمات رمز می باشند ، دارای چالش‌های مختلف امنیتی می باشند . برای مثال سیستم های مبتنی بر انواع تراشه ها کلمات عبور و کلیدها همیشه در معرض خطر ورود اشخاص ثبت نشده هستند. حال آنکه در سیستم های مبتنی بر مقایسه‌ی بیومتریک اطلاعات شخصی افراد را به راحتی نمی توان جعل کرد. تمایز بالای بین نمونه‌ها، کارایی و امنیت بالا از ویژگی های اینگونه سیستم ها هستند.

کاربرد این دسته از روشهای شناسایی امروزه در سطح بسیار وسیعی مشاهده می شود. از مهمترین کاربردهای آنها می توان به سیستم های امنیتی ، جستجوهای مجرمین ، اجازه عبور از مرزها اشاره کرد. [۲۸] ولی در تحقیقات انجام شده نشان داده شده است، استفاده از مشخصات بیومتریک نیز وقتی به صورت تکی باشند، قابل جعل هستند.

هدف ما از ارائه‌ی این تحقیق معرفی روشی است که در برابر عواملی مانند جعل، نویز، چرخش و غیره از خود مقاومت نشان دهد.

در رویکرد پیشنهادی، اثرانگشت شخص پس از ورود به دو بخش مقایسه هدایت می‌شود. در بخش اول مقایسه بر اساس نقاط ویژگی موسوم به مینوشیا انجام می‌شود و در بخش دوم مقایسه با استفاده از سنجش مشابهت و همبستگی صورت می‌گیرد، نتایج هر مرحله در مرحله‌ی دیگر شرکت می‌کنند و بدین سان یک تعامل تنگاتنگ بین الگوریتم‌ها ایجاد می‌شود. با توجه به اینکه هر رویکردی با وجود محاسن خاص به خود، نقاط ضعفی را نیز در بر دارد، در رویکرد پیشنهادی از نقاط قوت هر رویکرد برای کنترل هر چه بیشتر نقاط ضعف رویکرد دیگر استفاده شده است. برای هرچه بیشتر کردن دقت، از همجوشی چند الگوریتمی و همجوشی نمونه‌های متعدد اثرانگشت، استفاده کرده‌ایم.

پایگاه داده‌ی استفاده شده در رویکرد پیشنهادی، با استفاده از یک حسگر مجهز به مادون قرمز از ۴۴۰ اثرانگشت تهیه شده است. از هر شخص خواسته شده است انگشت خود را دو بار به حالتهای مختلف بر روی حسگر قرار دهند. جمعا ۸۸۰ اثرانگشت برای پایگاه داده تهیه شده است. اثرانگشتها بسته به کیفیت و مساحت به ۵ دسته‌ی کیفی تقسیم شده اند. در ضمن حسگر مورد استفاده با نور مادون قرمز قدرت تشخیص اصالت اثرانگشت را دارد.

با آزمایش اجزای روش پیشنهادی به صورت جداگانه و باهم، مقدار خطای مساوی در مرحله‌ی مبتنی بر نقاط ویژگی مینوشیا ۷.۰ ، در مرحله‌ی مربوط به محاسبه‌ی شباهت از طریق همبستگی ۶.۰ و با اعمال همجوشی ۱.۶ مشخص شده است. ضمنا در آزمایشات مشخص شده است که نسبت رد کردن نادرست بیشتر از وارد کردن نادرست است.

کلمات کلیدی : بیومتریک، اثرانگشت، شناسایی، همجوشی، مینوشیا، همبستگی

۱ Biometrics

۲ FRR and FAR

فهرست مطالب

۱- فصل اول مقدمه ۱

۱.۱- مقدمه ۱

۲.۱- انواع خطا ۴

۳.۱- اثرانگشت ۵

۱.۳.۱ نمایش و استخراج ویژگی ها ۶

۲.۳.۱ مقایسه اثرانگشت ۸

۳.۳.۱ دسته بندی پنجگانه اثرانگشت ۹

۴.۱ مقدمه‌ای بر همجوشی عناصر بیومتریک ۱۱

۲- فصل دوم معرفی روشهای شناسایی اثرانگشت ۱۳

۱.۲- مقدمه ۱۳

۲.۲- مروری بر روشهای مبتنی بر خصوصیات مینوشیا ۱۳

۱.۲.۲- روشهای مبتنی بر ساختمان دره‌ها ۱۵

۲.۲.۲- روشهای مبتنی بر ساختمان خطوط ۱۷

۳.۲.۲- روشهای منطقی و فازی ۲۱

۳.۲- مروری بر روشهای مبتنی بر همبستگی ۲۳

۱.۳.۲- روشهای مبتنی بر همبستگی ۲۵

۴.۲ جمع بندی ۲۷

۳- فصل سوم همجوشی عناصر بیومتریک ۲۸

۱.۳- مقدمه ۲۸

۲.۳- انواع سیستم‌های همجوشی بیومتریکها ۳۰

۳.۳- سطوح همجوشی ۳۲

۴.۳- نمونه هایی از انواع همجوشی ۳۳

۱.۴.۳- نگاهی بر روشهای همجوشی در سطح امتیازدهی..... ۳۶
۲.۴.۳- نگاهی بر روشهای همجوشی در سطح چند نمونه‌ای..... ۳۸
۳.۴.۳- نگاهی بر روشهای دیگر همجوشی ۴۰
۵.۳- جمع بندی..... ۴۲
۴- فصل چهارم ارائه‌ی رویکرد پیشنهادی..... ۴۳
۱.۴- مقدمه..... ۴۳
۲.۴- پیش پردازش و تولید داده‌ی خام ۴۳
۱.۲.۴ دوسطحی سازی تصویر به صورت پویا..... ۴۴
۲.۲.۴- جداسازی خطوط از دره‌ها و پس زمینه ۴۵
۳.۲.۴- تقریب زدن جهت خطوط اصلی..... ۴۵
۴.۲.۴- فرکانس گیری در تصویر..... ۴۸
۵.۲.۴- پولاریزه کردن تصویر ۴۹
۶.۲.۴- تقریب زاویه‌ی گردش اثرانگشت ۵۰
۳.۴- استخراج ویژگی‌ها..... ۵۲
۴.۴- سنجش شباهت و همبستگی..... ۵۷
۵.۴- همجوشی..... ۶۱
۵- فصل پنجم : پیاده سازی رویکرد پیشنهادی..... ۶۳
۱.۵- مقدمه..... ۶۵
۲.۵- پیاده سازی بخش پیش پردازش..... ۶۶
۳.۵- مقایسه‌ی اثرانگشتها با استفاده از مقایسه‌گر مینوشیا..... ۶۶
۴.۵- سنجش تراز بودن دو تصویر..... ۶۸
۵.۵- پیاده سازی همجوشی اول از نوع چند الگوریتمی..... ۶۹

۶.۵- پیاده سازی همجوشی دوم، از نوع چند نمونه‌ای..... ۷۳

۶- فصل ششم : نتیجه گیری و ارایه‌ی پیشنهادات..... ۷۶

۱.۶- مقدمه..... ۷۶

۲.۶- اریه‌ی پیشنهادات..... ۷۶

۳.۶- جمع بندی..... ۷۸

فهرست مراجع..... ۷۹

فصـــــــــــل اول

مقـــــــــدمه

۱.۱ مقدمه

سیستم های شناسایی افراد که مبتنی بر مشخصات بیومتریک هستند، غالبا با تصویر برداری از یک جسم و تحلیل آن جهت رسیدن به ویژگی‌های مناسب استفاده می کنند. روشهای مختلف بر اساس ویژگی های مختلفی مثل خطوط ، رگها ، ماتریس های فرکانس و غیره کار مقایسه را انجام می دهند . یکی از مسایل مهم وضوح تصویر اسکن شده است که در میزان دقت در استخراج ویژگی ها (و در نتیجه مقایسه) تاثیر بسیار زیادی دارد . اگر تصویر گرفته شده واضح و تمیز باشد دقت شناسایی در اغلب عناصر بالاست ولی فرض کنیم همین تصویر دچار مشکلات ذکر شده یا چرخش دو بعدی و سه بعدی شود. بدیهی است دقت به شدت با افت مواجه می‌شود. و بسیاری از ویژگی ها[۱] یا تشخیص داده نمی‌شوند و یا به نادرست تشخیص داده می شوند.

حال اگر بتوانیم به نحوی دو یا چند عنصر بیومتریک را با هم ترکیب کنیم به دقتی بالاتر از هر کدام آنها به تنهایی می رسیم. برای مثال اگر با اثرانگشت و کف دست و صورت یک نوع ترکیب ایجاد کنیم ، یک راه مقایسه این است که ابتدا اثرانگشت را مقایسه کرده یک کلاس تشابه چند عضوی تشکیل دهیم سپس با مقایسه ی کف دست کلاس را محدودتر کنیم و در مرحله ی آخر با مقایسه ی صورت به یک یا دو نتیجه برسیم و آن را که مشابهت بالاتری دارد به عنوان نتیجه در نظر بگیریم.

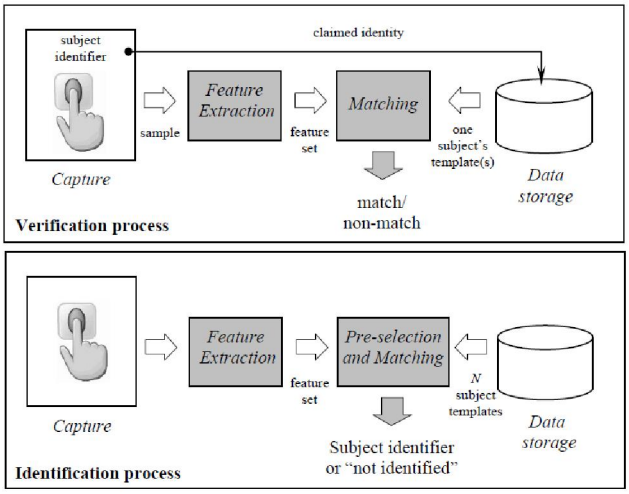
با این عملیات، برای مثال اگر دقت مقایسه گر اثرانگشت ۸۰ درصد ، کف دست ۸۵ در صد و صورت ۸۷ درصد باشد با ترکیب نتایج می توان به دقتی نزدیک به ۹۸ درصد رسید. البته عملیات ادغام و مقایسه باید به صورتی انجام شود که مقدار ورود غیر صحیح و رد غیر صحیح را به کمترین حد رساند [۲].

❖ مشخصات بیومتریک

یک مسئله ی مهم در سیستم های امنیتی این است که بدانیم نحوه ی تشخیص افراد به چه نحوی است. که بسته به نوع روش و نیاز ما دو دسته سیستم معرفی می شوند: [۲۸]

- ❖ سیستم تایید : یک شخص با استفاده از مقایسه ی مشخصات بیومتریک وارد شده و مشخصات از پیش ذخیره شده شناسایی می شود. این مقایسه یک مقایسه ی یک به یک در طول پایگاه داده است. خروجی چنین سیستمی این جواب است که فرد حق ورود دارد یا خیر (شکل ۱.۱ بالا).
- ❖ سیستم شناسایی : با مقایسه ی یک شخص با بقیه ورودی های پایگاه داده به صورت یک به چند به این جواب می رسیم که آیا شخص در آن وجود دارد یا نه (شکل ۱.۱ پایین).

۱ Features
۲ FPR: false positive rate
FNR: false negative rate



شکل ۱.۱ انواع سیستمهای شناسایی [۲۸]

❖ انواع مشخصات بیومتریک

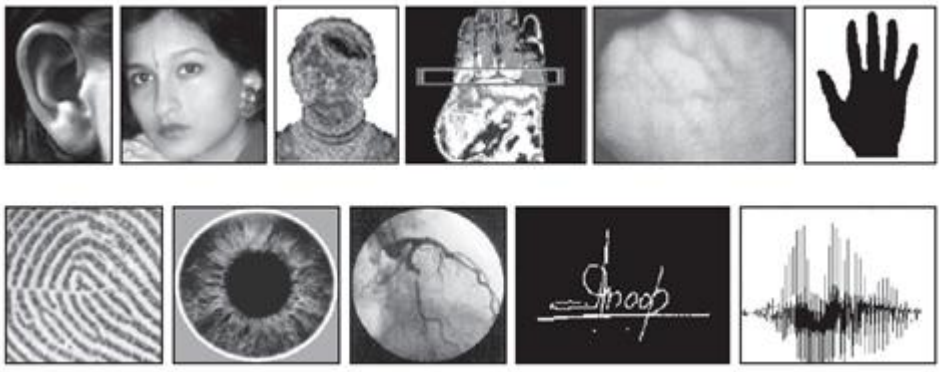
همانطوریکه قبلا شرح داده شد در سیستم های امنیتی از چندین روش برای شناسایی افراد استفاده می شود که هر کدام مربوط به بخشی از مشخصات بیومتریک انسان است. عناصری که در این سیستم ها مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از قرنیه ، صورت ، دست و انگشتان ، رگهای پشت دست ، صدا و امضا.

- ❖ قرنیه چشم را توسط نوعی اسکنر لیزری اسکن می کنند. عمل اسکن قرنیه نیاز به همکاری خود شخص نیز دارد بدین دلیل که باید چشم خود را با فاصله ی استاندارد از لنز اسکنر کاملا باز کند. این روش به خصوص در تصاویر با وضوح بالا [۱] یکی از روشهای پر استفاده و بسیار دقیق و بسیار سریع است.
- ❖ چهره یکی از مورد قبولترین (از نظر کاربر) روشهایی شناسایی افراد است و این بدان دلیل است که این روشی است که انسانها همدیگر را غالبا با آن شناسایی می کنند. یکی از مهمترین چالشهای این بخش موضوع تغییر چهره است که تا کنون معضل مهمی در برنامه های غیر هدایت شده به شمار می رود. این بسیار مهم است که سیستم تشخیص چهره ای طراحی شود که به تغییراتی مثل سن و حالات مختلف صورت (لبخند ، اخم ، عصبانیت یا ...) مقاوم باشد.
- ❖ شکل دست و انگشتان را نیز میتوان در سیستم های امنیتی استفاده کرد. فاکتور هایی مانند طول انگشتان ثابت هستند (البته منحصر به فرد نیستند) . در این نوع هم به کمک کاربر در صاف قرار دادن انگشتان ، با فاصله بودن آنها از هم و گاهی چرخاندن سه بعدی دست نیاز خواهیم داشت. طول بردار ویژگی دست به دلیل سادگی بسیار زیاد ساختمان دست بسیار کم است و این یک عامل مهم و گاهی حیاتی در بسیاری از سیستمها به خصوص سیستمهای با فضای محدود است. از این نوع فقط در verification استفاده می شود و به دلیل غیر منحصر به فرد بودن آن از روشهای identification استفاده نمی شود.

۱ high resolution

- رگهای پشت دست را با یک نوع اسکنر فرا قرمز اسکن میکنند و حاصل تصویری از ساختار رگهای پشت دست است. با نور فرا قرمز میتوان رگهای انگشتان را نیز اسکن کرده استفاده کرد. این سیستم ها غالبا سیستم های بسیار ارزان هستند.
- صدای انسان مشخصه ی دیگری است که مورد استفاده قرار میگیرد. مسئله ی مهمی که در صدا وجود دارد این است که در یک پایگاه داده ی عظیم نمی توان از آن برای identification استفاده کرد. در ضمن کیفیت صدای ضبط شده بسیار وابسته به نوع و کیفیت میکروفون مورد استفاده است . البته در این نوع هم تغییرات مشاهده میشوند مانند مریض شدن یک شخص و گرفتگی صدا به علاوه اشخاصی که قدرت تقلید صدای دیگران را دارند.
- امضا یکی از روشهای مورد قبول در جهان است که از دسته ی مشخصات رفتاری انسان به شمار میرود. البته امضا در طی زمان تغییراتی میکند و همچنین از حالات روانی و جسمی فرد نیز تاثیر میگیرد. جعل امضا به خصوص در مورد کسانی که امضاهایشان با هم تفاوت زیادی دارد یک عامل نگران کننده در این بخش است.

در شکل ۲.۱ برخی عناصر بیومتریک نشان داده شده‌اند.



شکل ۲.۱ عناصر بیومتریک[۲۸] : گوش ، چهره ، تصویر حرارتی دست ، رگهای پشت دست ،شکل دست ، اثرانگشت ، قرنیه ، شبکیه ، امضا و صدا

مقایسه ای از آنچه در بالا ذکر شد در جدول ۱.۱ گنجانده شده است.

جدول ۱.۱ مقایسه‌ی بیومتریک‌ها [۲۸]

Biometric identifier	Universality	Distinctiveness	Permanence	Collectability	Performance	Acceptability	Circumvention
Face	H	L	M	H	L	H	H
Fingerprint	M	H	H	M	H	M	M
Hand geometry	M	M	M	H	M	M	M
Hand/finger vein	M	M	M	M	M	M	L
Iris	H	H	H	M	H	L	L
Signature	L	L	L	H	L	H	H
Voice	M	L	L	M	L	H	H

M:medium
H:high
L:low

ضرورت همجوشی عناصر بیومتریک را می‌توان به اینصورت بیان کرد که در سیستم شناسایی افراد مسایل و مشکلاتی بروز میکند که امر پردازش و تشخیص را دچار چالش میکنند. این مسائل دلایل و انواعی دارند که به اختصار به آنها اشاره میکنیم.

۲.۱ انواع خطا :

- ❖ خطای ورودی : در سیستم خودکار تشخیص هویت اطلاعات ورودی به صورت خودکار بدون دخالت انسان وارد میشوند. چنین سیستمی معمولا در حالت انتظار می ماند تا داده ی مورد نظر خود را در دسترس ببیند (مثل گذاشتن انگشت روی حسگر) و اطلاعات را استخراج کند . در این سیستم دو نوع خطا رخ میدهد. خطا در پیدا کردن شیئ[۱] برای مثال تشخیص داده نمی شود که انگشت روی حسگر است و دوم خطا در ورود داده[۲] بدین معنی که تشخیص داده میشود که جسم مقابل حسگر است ولی اطلاعات به درستی وارد نمی شوند یا به کلی وارد نمیشوند.
- ❖ خطا در استخراج ویژگی ها : پس از ورود اطلاعات خام ، باید ویژگی های آنها استخراج شود. که این کار را بخش استخراج ویژگی‌ها سیستم انجام می دهد. اگر تصویر وارد شده دارای کیفیت پایینی باشد بخش استخراج ویژگی را مشکل میکند و در نتیجه ، ویژگی های بی فایده است که فقط دقت را پایین می آورند.
- ❖ خطا در ساخت قالب : بعد از استخراج ویژگی ها در صورتی که این ویژگی ها کم اهمیت یا نادرست باشند قالب تولید شده در این مرحله قالب صحیحی نخواهد بود (قالب نویزی) البته قابل ذکر است که این مرحله فقط یک بار (ثبت اطلاعات فرد برای اولین بار) برای هر شخص اجرا می شود پس از اهمیت بسیار بالایی نسبت به باقی مراحل دارد[۳].
- ❖ خطا در بخش مقایسه : در بخش مقایسه یا انطباق معمولا درصدی به نام میزان شباهت (معمولا در بازه ی ۰ و ۱) به عنوان جواب برگردانده می شود و ورودی با بیشترین درصد که از یک مقدار تعریف شده حد آستانه بیشتر باشد به عنوان نتیجه شناخته می شود . در این مرحله جواب مقایسه ی هر دو جفت تصویر که مطابق باشند یکسان و جواب هر دو تصویر نامطابق غیر یکسان اعلام میشود[۴] . در این مرحله دو گونه خطا ممکن است رخ دهد false match و non-false match .

۱ FTD fail to detect : system not detecting object front of sensor.

۲ FTC fail to capture : system find the object but make mistake in capturing.

۳ enrollment step : first time registering users in the system.

۴ Matchoing and non-matching pairs

بخش اول مربوط به یکی گرفتن دوتصویر متفاوت و دوم رد کردن نادرست دو تصویر از یک شیئ است . در بخش های بالا به طور کامل با انواع خطاها و ضرورت ترکیب مشخصات بیومتریک آشنا شدیم . حال با توجه به بالا بودن دقت و سرعت و وسعت استفاده از روشهای مبتنی بر اثر انگشت و چهره به شرح مختصری در مورد آنها می پردازیم.

۳.۱ اثر انگشت

حدود یک قرن از زمانی که "Alphonse Bertillon" ایده ی استفاده از خصوصیات بدن انسان را در حل مسایل جنایی مطرح کرد می گذرد . با فراگیر شدن ایده او در سال ۱۸۹۳ در کشور انگلستان اعلام شد اثرانگشت هیچ دو انسانی با هم یکی نیست. در آن زمان روشی به نام "Booking" مورد استفاده قرار می گرفت که عبارت بود از کتابی که حاوی تصویر جوهری اثرانگشت مجرمین سابقه دار با مشخصات آنها . روش نگه داری اثرانگشت ها در این کتاب بر اساس یک دسته بندی به نام "henry classification system" بود که آنها را بر اساس شکل ساختاریشان به چندین دسته تقسیم می کردند.ولی بیشتر اثر انگشت ها در دو یا سه کلاس متمرکز می شدند و این دسته بندی به کار جستجو کمک چندانی نمی کرد [۴۸]. نیاز برای مقایسه ی دو تصویر اثرانگشت و رسیدن به تصاویر دیجیتال بحث جستجوی اثرانگشت را به سمت "AFIS" یا سیستم تشخیص خودکار اثرانگشت سوق دادند[۱]. پس از این مرحله تمامی عناصر دیگر بیومتریک تعریف شده مورد استفاده قرار گرفتند.

تصویر اثر انگشت را معمولا به دو دسته تقسیم می شوند . دسته تصاویر بر خط و تصاویر غیر برخط[۲] . نوع غیر بر خط معمولا حالت قدیمی ثبت اثرانگشت به صورت جوهر بر کاغذ است که بعدا توسط یک اسکنر با دقت بالا اسکن می شود. و نوع برخط توسط اسکنرهای خاص وارد می شود. امروزه دستگاههای بسیار متنوعی برای حس کردن تصویر [۳] یک اثرانگشت به کار گرفته می شود که مهمترین این دستگاهها اسکنرهای خطی و اسکنرهای مربعی کوچک حجم هستند. تعدادی از این حسگرها در شکل ۳.۱ آمده اند. بعد از عملیات خواندن تصویر اثرانگشت ، به مرحله ی ذخیره سازی می رسیم که در آن تصویر ورودی بر روی حافظه ذخیره می شود.

شکل ۳.۱ سنسورهای اثرانگشت [۲۸]

۱ Automatic fingerprint identification system

۲ Online image and offline image

۳ Sensing

۱.۳.۱ نمایش و استخراج ویژگی ها

نمایش اثرانگشت به این معناست که تصویر اثرانگشت را به فرمی از ویژگی های موثر درمی آید. یک نمایش خوب نمایشی است که دو خاصیت بروز و مناسب بودن را داشته باشد[۱]. بروز بدین معناست که نمایش باید حاوی اطلاعات منحصر به فردی درباره ی اثرانگشت باشد. مناسب بودن به این معنی که نمایش اثرانگشت را بتوان به راحتی استخراج و به صورت فشرده ذخیره سازی کرد.

قالب اثرانگشت بسته به نوع کاری که کاربر انتظار دارد سطوح مختلفی از ویژگی ها را فراهم میکند:

- سطح اول ، سطح عمومی ، خمیدگی خطوط تشکیل دهنده ی اثرانگشت، به یکی از فرمهای تصویر ۴.۱ هستند. نقاط اساسی در این سطح نقاط تعیین کننده[۲] نام دارند و عبارتند از نقطه‌ی مرکزی و دلتا[۳] که در تصویر با مربع و مثلث نشان داده شده اند.این نقاط برای عملیات دسته بندی بسیار مفید هستند ، چون اثرانگشتها را به چند دسته ی محدود تقسیم می کنند و این برای عمل جستجو بسیار کمک کننده خواهد بود. اما این نقاط را برای عملیات مقایسه نمی توان به کار برد، ویژگی های دیگری مثل شکل خارجی اثرانگشت ، تصویر چرخشی و فرکانسی از جمله ویژگی های این سطح هستند.
- سطح دوم ، سطح محلی، در این سطح می توان به ۱۵۰ گونه مختلف ویژگی های خطوط اصلی به نام مینوشیا اشاره کرد. این اطلاعات بر سطح اثرانگشت به صورت غیر یکسان توزیع شده اند . کیفیت تصویر اسکن شده در این سطح بسیار مهم و حیاتی است چون ممکن است به دلیل کم بودن کیفیت در نقاطی ویژگی های اشتباه بدست آوریم و در نقاطی دیگر ویژگی هایی را از دست بدهیم. مهمترین دو ویژگی از مجموع ۱۵۰ نوع نقاط پایانی و دوشاخگی[۴] هستند. نقاط پایانی نقاطی هستند که در آنها یک خط اثرانگشت تمام می شود ، و نقاط دوشاخگی نقاطی هستند که یک خط به دو خط می شکند. به این دو ویژگی مینوشیا[۵] نیز می گویند. این نقاط معمولا در اثر انگشت پایدار و مقاوم هستند از این رو بیشتر از همه ی نقاط دیگر استفاده می شوند. این سطح از ویژگی ها دارای بروز بالایی است ولی همانطور که ذکر شد در تصاویر با کیفیت پایین مشکل ساز است. (شکل ۵.۱)
- سطح سوم ، این سطح مربوط به اطلاعات درونی خطوط است[۶]. این اطلاعات شامل ضخامت ، شکل ، خمیدگی ، نقاط و روزنه های عرق (منافذ پوستی) هستند. منافذ پوستی محل قرار گیری و شکل کاملا منحصر به فردی دارند.(شکل ۶.۱) ولی برای داشتن این ویژگی ها باید اسکنر بسیار دقیقی داشته باشیم (1000dpi) که این مسئله خود یک مشکل به حساب می آید.

۱ Saliency & suitability

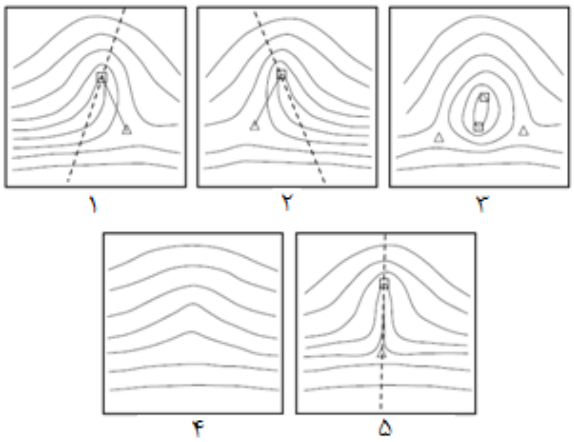
۲ singular points

۳ loop & delta

۴ ridge ending & ridge biforcation

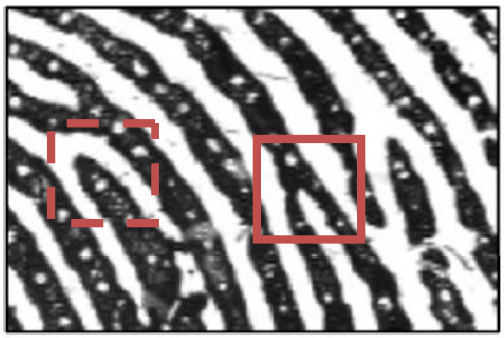
۵ Minutiae

۶ intra-ridge details: the information that comes from the ridge line surface

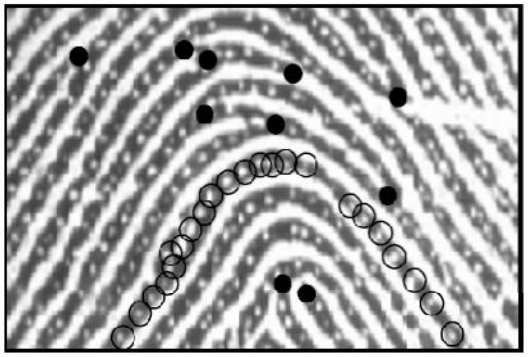


شکل ۴.۱ نقاط اصلی اثرانگشت مربع برای مرکز و مثلث برای دلتا [۳۸]

۱- چرخشی به چپ ۲- چرخشی به راست ۳- چرخشی میدانی ۴- خیمه‌ای ۵- خیمه‌ای جمع شده



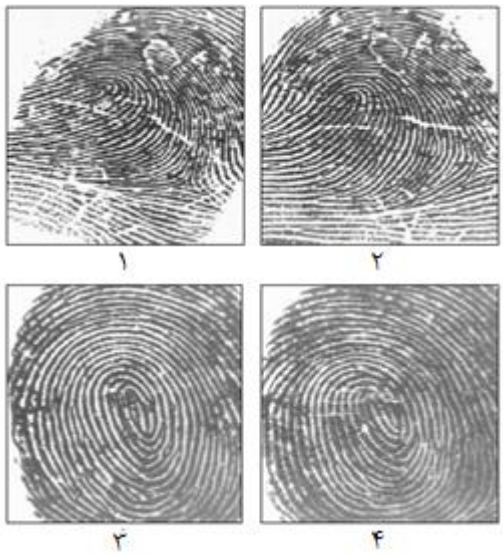
شکل ۵.۱ نقاط پایانی و دوشاخگی اثرانگشت [۳۱]. خطوط نقطه چین برای دوشاخگی و خطوط ممتد برای نقاط پایانی



شکل ۶.۱ نقاط ویژگی و روزنه های پوستی [۲۸] . نقاط توپر برای ویژگی و نقاط توخالی برای روزنه ها

۲.۳.۱ مقایسه اثرانگشت

مقایسه یا انطباق دو اثرانگشت به صورت کامل کار بسیار سختی است و بزرگترین دلیل ، تعداد حالاتی است که یک اثرانگشت به خود می گیرد[۱] . مهمترین فاکتورهای این موضوع عبارتند از تغییر مکانی ، چرخش ، روی هم افتادگی اجزا ، تغییر حالت پوست ، نویز و خطاهای حاصل در استخراج ویژگی ها. برای همین اثرانگشت های یک انگشت گاهی بسیار متفاوت ، و اثرانگشت های چند انگشت بسیار شبیه به نظر می آیند (شکل ۷.۱) . مقایسه ی اثرانگشت بر اساس نقاط مینوشیا ایده گرفته شده از روش دستی است که در آن شرط تطابق یکی شدن تعدادی (غالبا ۱۲) از ویژگی هاست. در چهل سال گذشته روش های گوناگونی جهت انطباق مطرح شده اند که در سه دسته ی زیر می گنجند [۳۴].



شکل ۷.۱ تشابه نمونه های متفاوت و نا مشابه شدن نمونه های یک اثرانگشت[۳۹]،

شکلهای ۱ و ۲ مربوط به یک اثرانگشت و تصاویر ۳ و ۴ مربوط به دو اثرانگشت مختلف هستند .

۱ large intra-class variablity