بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

شبیه‌سازی یک سیستم تایید امضای برخط برای تشخیص اتوماتیک امضای جعلی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق-الکترونیک

محسن سعیدی

اساتید راهنما

دکتر رسول امیرفتاحی
دکتر محمدرضا احمدزاده

۱۳۸۸

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق-الکترونیک آقای محسن سعیدی

تحت عنوان

شبیه‌سازی سیستم تایید امضای برخط برای تشخیص اتوماتیک امضای جعلی

در تاریخ ۱۳۸۸/۲/۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر رسول امیرفتاحی

۲- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر محمدرضا احمدزاده

۲- استاد مشاور پایان نامه — دکتر سعید صدری

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر علیمحمد دوست حسینی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تشکر و قدردانی

لازم می‌دانم ابتدا از خانواده مهربان و همسر فداکارم که در زندگی تکیه‌گاه من بوده‌اند و اندک موفقیت خویش را از برکت دعای خیر ایشان دارم، تشکر و قدردانی نمایم.

از اساتید بزرگوارم، دکتر رسول امیرفتاحی ودکتر محمدرضا احمدزاده که با رهنمودهایشان نه تنها در طول انجام پایان نامه، بلکه در تمام دوره همراه بنده بوده‌اند و همچنین از استاد گرامی دکتر سعید صدری که از نعمت مشاوره با ایشان بهره‌مند بوده‌ام, تشکر و قدردانی می‌کنم.

از اساتید بزرگوار آقایان دکتر آشوری ودکتر نظری که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل نمودند, سپاسگزارم.

همچنین لازم است از جناب آقای دکتر علی‌محمد دوست حسینی، سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده و سرکار خانم نکوئی به دلیل زحماتی که به خاطر اینجانب متحمل گشته‌اند، سپاسگزاری نمایم.

از دوستان عزیزم آقایان مهندس امینی، محمدی، روحی، حیدری، نعمتی، غمخوارپیشه، گلابی، رستم-زاده، قلی‌پور، سلیقه‌دار، دکتر ولی‌زاده و دکتر درویش‌زاده که در طول این دوره در کنار من بودند تشکر نموده و برای همگی آرزوی سلامتی و توفیق روزافزون می نمایم.

محسن سعیدی

اردیبهشت ۱۳۸۸

تقدیم به همه رهروان راه علم، همـه دوسـتداران عدالت وانسانیت ، پدر ، مادر ، همسـر و بـرادران عزیزتر از جانم.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

۱-فصل یکم: مقدمه

۱-۱ تاریخچه امضاء دیجیتالی ۲

۱-۲ اهداف پردازش امضاء ٤

۱-۳ مروری بر کارهای گذشته ۵

۱-٤ ساختار پایان‌نامه ۹

۲-فصل دوم: بخشهای مختلف سیستم تایید امضای بر خط

۲-۱ روشهای تایید امضای برخط ۱۱

۲-۱-۱ روشهای پارامتری ۱۱

۲-۱-۲ روشهای تابعی ۱۲

۲-۲ بخشهای مختلف سیستم تایید امضا ۱۳

۲-۳ مشکلات سیستمهای تایید امضای برخط ۱۵

۲-٤ وسایل جمع آوری امضا و مجموعه امضاها ۱٦

۲-٤-۱ وسایل ثبت‌کننده امضا ۱٦

۲-٤-۲ مجموعه امضاهای مورد استفاده در این پایان‌نامه ۱۹

۲-۵ خلاصه ۲۰

۳-فصل سوم: تایید امضای بر خط با استفاده از تطابق نقاط اکسترمم و کلونی مورچه‌ها

۳-۱ پیش پردازش ۲۲

۳-۱-۱ نمونه برداری مجدد ۲۳

۳-۱-۲ نرمالیزه کردن اندازه امضا ۲۳

۳-۱-۳ هموارسازی ۲۳

۳-۱-٤ حذف چرخش ۲٤

۳-۲ استخراج ویژگیها ۲۵

۳-۳ محاسبه شباهت بین امضاها با استفاده از رگرسیون توسعه یافته ۲٦

۳-۳-۱ مروری بر رگرسیون و رگرسیون توسعه یافته ۲٦

۳-۳-۲ پیچش زمانی پویا ۲۸

۳-۳-۳ یکسان‌سازی طول زمانی سیگنالها با استفاده از تطابق همه نقاط ۳۱

۳-۳-٤ یکسان‌سازی طول زمانی سیگنالها با استفاده از تطابق نقاط اکسترمم آنها ۳۲

۳-۳-۵ یکسان‌سازی طول زمانی امضاها با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها ۳۵

۳-۳-٦ نرمالیزه کردن انرژی سیگنالها و محاسبه شباهت بین امضاها ۳۹

۳-٤ جدا سازی امضاهای جعلی از امضاهای اصلی ٤۰

۳-٤-۱ آموزش سیستم تایید امضا ٤۱
۳-۵ مقایسه نتایج الگوریتم کلونی مورچه‌ها و DTW ٤۲
۳-۵-۱ مقایسه تمایز امضاهای اصلی و جعلی ٤۲
۳-۵-۲ مقایسه نرخ خطا ٤۳
۳-٦ خلاصه ٤۸
٤-فصل چهارم: تایید امضای بر خط به کمک ماشین بردار پشتیبان
٤-۱ ماشین بردار پشتیبان ٤۹
٤-۱-۱ ماشین بردار پشتیبان در حالت جدایی ناپذیر ۵۲
٤-۱-۲ ماشین بردار پشتیبان غیرخطی ۵۳
٤-۲ PCA ۵٤
٤-۲-۱ مفاهیم مقدماتی مورد نیاز در PCA ۵۵
٤-۲-۲ الگوریتم PCA ۵٦
٤-۳ روش پیشنهادی با استفاده از PCA و SVM ۵۷
٤-٤ روش پیشنهادی با استفاده از ترکیب دو طبقه بند ۵۸
٤-٤-۱ روش ارائه شده توسط خولماتوف ۵۸
٤-٤-۲ روش پیشنهادی ٦۰
٤-۵ دلایل خطای تایید بعضی از امضاها ٦۲
٤-٦ خلاصه ٦۵
۵-فصل پنجم: نتیجه‌گیری
۵-۱ مقایسه با کارهای گذشته ٦٦
۵-۲ نتیجه گیری ٦۸
۵-۳ پیشنهادات ٦۸
پیوست ٦۸
مراجع ۷۲

چکیده

امضای افراد یکی از روشهای تایید هویت فرد در مناسبات مختلف بویژه در حوزه اقتصادی است. امضاهای برخط امضاهایی هستند که توسط ابزارهای الکترونیکی از قبیل صفحه رقومی‌کننده ثبت می‌شوند و امضا به صورت رشته زمانی در رایانه ذخیره می‌شود. در این نوع امضا علاوه بر اطلاعات مکانی، اطلاعات زمانی از قبیل سرعت، شتاب و... نیز حفظ می‌شود. هدف از تایید امضا، جداسازی امضاهای جعلی از امضاهای اصلی است. در این پایان‌نامه در ابتدا عملیاتی از قبیل نرمالیزه کردن اندازه امضا، هموارسازی و حذف چرخش بر روی امضاها انجام می‌شود وسپس با استفاده ازالگوریتمی بر مبنای تطابق نقاط اکسترمم سیگنال‌ها، پیچش زمانی پویا وکلونی مورچه‌ها، یکسان‌سازی طول زمانی آنها انجام می‌گردد و توسط رگرسیون توسعه یافته شباهت بین امضاها را بدست می‌آوریم. استفاده از رگرسیون توسعه یافته، در مقایسه با فاصله اقلیدسی و DTW، معیار بهتری از میزان شباهت دو امضا بدست می‌دهد، برای این منظور باید طول زمانی سیگنال‌های متناظر دو امضا یکسان شود. استفاده از تطابق همه نقاط برای یکسان‌سازی طول زمانی این سیگنال‌ها سبب کاهش تمایز بین امضاهای اصلی و امضاهای جعلی می‌شود. به همین دلیل برای حفظ تمایز بین امضاهای اصلی و امضاهای جعلی، روشی بر مبنای تطابق نقاط اکسترمم برای یکسان‌سازی طول زمانی سیگنال‌ها ارائه شده است. با افزایش پیچیدگی و پیشرفت سیستم های کنترلی و استفاده از آن ها در محیط ها و کاربردهای حساس، تمایل روزافزونی در زمینه تشخیص خطا ایجاد شده است. در گذشته شبکه های عصبی به عنوان ابزاری برای تشخیص مدل یا خرابی در یک سیستم به کار گرفته شده اند. اما مشکل الگوریتم بهینه سازی آن ها برای انتخاب پارامتر و کم کردن خطا در هر مرحله به جای کم کردن خطای کل مدل باعث شده است تا ماشین بردار پشتیبان جایگزین مناسبی برای آن ها شوند. ماشین بردار پشتیبان بر پایه تئوری یادگیری آماری وپنیک از جمله الگوریتم های یادگیری موفق در زمینه تشخیص و ایزوله نمودن خطا در سیستم های دینامیکی می‌باشد. تکنیک PCA بهترین روش برای کاهش ابعاد داده به صورت خطی می‌باشد. یعنی با حذف ضرایب کم‌اهمیت بدست آمده از این تبدیل، اطلاعات از دست رفته نسبت به روشهای دیگر کمتر است. البته کاربرد PCA محدود به کاهش ابعاد داده نمی‌شود و در زمینه‌های دیگری مانند شناسایی الگو نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش محورهای مختصات جدیدی برای داده‌ها تعریف شده و داده‌ها براساس این محورهای مختصات جدید بیان می‌شوند. در ادامه به کمک SVM و PCA به تشخیص امضاهای اصلی از امضاهای جعلی می‌پردازیم. البته داده‌های مذکور بسیار به هم نزدیک می‌باشند. زیرا امضاهای جعلی به صورت حرفه ای جعل شده‌اند و باید بهترین ویژگی‌ها را انتخاب کرده و با آن SVM را آموزش دهیم. در این پایان نامه قصد داریم با استفاده از ترکیب دو طبقه‌بند میزان خطا را کاهش دهیم. سیستم پیشنهادی تایید امضای برخط، بر روی مجموعه امضاهای SVC۲۰۰٤، مربوط به اولین مسابقه بین‌المللی تایید امضا آزمایش شده و نتایج آن با نتایج تیم‌های شرکت‌کننده در این مسابقه، مقایسه شده است.

واژه های کلیدی: ۱- ماشین بردار پشتیبان ۲- پیچش زمانی پویا ۳- تطابق نقاط اکسترمم ٤- آنالیز اجزای اصلی

فصل یکم
مقدمه

در نظام اداری، بخش‌های زیادی به ویـژه در زمینـه‌هـای اقتصـادی و تجـاری، ماننـد بانـک‌هـا، مؤسسـات و سازمان‌ها خواهان روش‌هایی برای تعیین هویت افراد هستند. تشخیص هویت در زمینه‌های بسیاری همچون دسترسـی به پایانه‌های رایانه‌ای، استفاده از کارت‌های اعتباری و بانک‌ها به کار گرفته می‌شـود. بـرای ایـن منظـور از ابزارهـای مختلفی، مانند کارت‌های مغناطیسی، اثر انگشت، رمز عبور و صدای افراد و... مـی‌تـوان اسـتفاده کـرد. یکـی از ایـن ابزارها که به علت سادگی و داشتن هزینه کـم گسـتردگی فراوانـی دارد، امضـای افـراد اسـت. امـا امضـای افـراد در معرض خطر دزدی و جعل توسط دیگران قرار دارد. بنابراین، یافتن روشی کارا بـرای بازشناسـی امضـاهای اصـلی از امضاهای جعلی لازم و مفید می‌نماید.

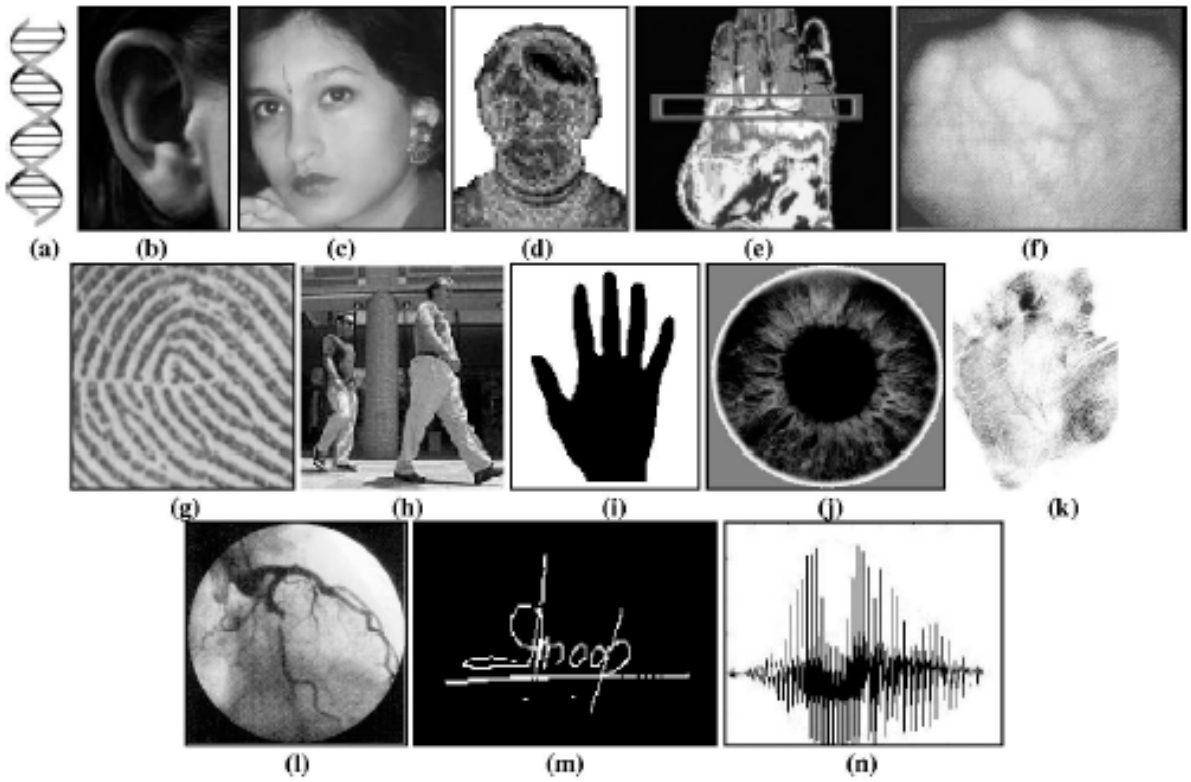
۱-۱ تاریخچه امضاء دیجیتالی

امروزه استفاده از ویژگی های زیستی[۱] برای تایید هویت افراد در حال افزایش است. از جملـه معـروف‌تـرین خواص زیستی که در این زمینه به کار برده می‌شوند عبارتند از: اثرانگشت، راه‌رفتن، عنبیه، شـبکیه، چهـره، صـوت، امضا و... .

در شکل ۱-۱ نمونه‌ای از معروف‌ترین خواص زیستی نشان داده شده است.

---

[۱] Biometric



شکل ۱-۱- نمونه‌ای از ویژگی‌های زیستی [۱]

در [۳],[۲] روش‌های بسیاری در زمینه خواص زیستی، با کاربردهای وسیعی در زمینه امنیت نشان داده شده است.

هر کدام از روش‌های یادشده دارای مزایا و معایبی است که به برخی از آنها می‌پردازیم. در میان ویژگی-های غیرزیستی، یک رمز عبور خوب می‌تواند یک روش امن باشد. هر چند یک رمز عبور پیچیده هم ممکن است، دزدیده ویا فراموش شود. در میان ویژگی های زیستی موجود، صوت روش بسیار خوبی است. اما وابستگی آن به شرایط فیزیکی افراد مانند سرما خوردگی، کیفیت تشخیص را کاهش می‌دهد. ویژگی‌هایی مانند اثرانگشت، عنبیه وشبکیه هیچ وقت تغییر نمی‌کنند و بنابراین دارای تغییرات درون کلاسی کمی می‌باشند. ولی به سخت‌افزاری خاص و گران برای ضبط تصویر نیاز دارند. اثر انگشت روش نسبتاً مناسبی است هر چند تصویر اثر انگشت نیز ممکن است به علت رطوبت انگشت کمرنگ شود یا به دلیل جراحت‌های وارده قابل تشخیص نباشد. برای به دست آوردن تصویری خوب از عنبیه نیز چشم فرد مورد نظر باید به طور کامل باز باشد و عینک نداشته باشد. ضمن اینکه برای دریافت تصویر باید نور شدیدی به درون چشم تابانیده شود [٤].

برای انتخاب ویژگی زیستی مناسب به منظور کاربردهای خاص باید ملاک‌های زیر در نظر گرفته شود.

- یکتا بودن
- میزان سختی جعل یا دزدیدن آن

- مقبولیت عمومی
- هزینه استفاده از آن ویژگی

امضا حالت خاصی از دست‌نوشته است که می‌تواند حاصل ترکیب حروف، الگوهای هندسی ساده و پیچیده باشد. تایید و تصدیق امضا یک مسئله بازشناسی الگوی پیچیده و مشکل است چرا که حتی امضاهای یک فرد نیز کاملاً یکسان نمی‌باشند و می‌توانند دارای تغییرات درون کلاسی زیادی باشند.

تشخیص هویت از طریق امضا، با وجود امکان بالای جعل در آن، با توجه به این که در کشورها و فرهنگ-های مختلف از سندیت و مقبولیت زیادی برخوردار است و همچنین دارای هزینه‌بری اندک و زمان محاسباتی کمترنسبت به سایر روش‌ها می‌باشد، توسط بسیاری مؤسسات بزرگ، مانند بانک‌ها به کار گرفته می‌شود. بنابراین، یافتن روشی برای کشف انواع امضاهای جعلی بسیار سودمند خواهد بود. مزیتی که امضا نسبت به رمز عبور یا کُد شناسایی دارد این است که کمتر در معرض دزدی یا حدس زدن است و به خاطرسپاری آن نیز برای کاربران ساده-تر است [٥].

۱-۲ اهداف پردازش امضا

به طور معمول، پردازش امضا با دو هدف تأیید[۱] و یا بازشناسی[۲] به کار می‌رود. در پردازش امضا با هدف تأیید، نمونه جدید واردشده، با نمونه‌های موجود مقایسه می‌شود تا تعیین گردد که آیا امضای جدید در پایگاه داده امضاءها وجود دارد یا خیر، که در نهایت، هویت فرد جدید تأیید یا رد خواهد شد. اما در پردازش امضا با هدف بازشناسی، مقصود، پیدا کردن صاحب امضا از میان امضاهای موجود در پایگاه داده است [٦]. در این پایان نامه تاکید ما بر تایید امضا است.

تایید امضای اتوماتیک می‌تواند از لحاظ وابستگی به نوع دریافت داده‌ها به دو گروه برخط[۳] و برون‌خط[۴] تقسیم گردد.

در امضای برون‌خط، امضا به وسیله قلم بر روی یک کاغذ یا سند نوشته می‌شود و تصویر امضا توسط اسکنر[۵] وارد کامپیوتر می‌شود. در این نوع امضا فقط اطلاعات مکانی وجود دارد و اطلاعات زمانی از قبیل سرعت و شتاب از بین می‌رود.

در صورتی که در امضای برخط، حرکت قلم توسط ابزارهای الکتریکی از قبیل صفحه رقومی‌کننده[۱] و یا قلم حساس به فشار ثبت شده و امضا به صورت رشته[۲] زمانی در رایانه ذخیره می‌شود. در این روش علاوه بر شکل امضا، اطلاعات دینامیکی آن نیز از قبیل سرعت، فشار و... حفظ می‌شود [٧].

---

[۱] Verification
[۲] Recognition
[۳] Online
[٤] Offline
[٥] Scanner

به دلیل آنکه اطلاعات دینامیکی در تصویر دو بعدی امضا مشخص نیستند، جعل ویژگی‌های دینامیکی امضا بسیار سخت‌تر از جعل ویژگی‌های مکانی آن است و همچنین حافظه کمتری برای ذخیره‌سازی امضای برخط نسبت به امضای برون خط لازم است (برای هر امضا ۱ تا ۵ کیلو بایت). به همین دلیل برای تایید هویت افراد، امضای برخط مورد توجه قرار گرفته است [۸].

تایید امضای اتوماتیک می‌تواند در تمام کارهایی که بطور متداول از امضا استفاده می‌کنند، مانند نقد کردن چک‌ها، امضای کارت های اعتباری و یا تصدیق یک سند حقوقی، به کار گرفته شود. علاوه بر این توانایی دریافت امضا و قرار دادن آن به صورت رشته زمانی دراختیار رایانه، نشان می‌دهد که امکان استفاده از تایید امضای اتوماتیک در سیستم‌های دیگر نیز مقدور می‌باشد. به طور کلی هر سیستمی را که با استفاده از رمز عبور کار می‌کند، می‌توان با یک سیستم تایید امضای برخط جایگزین کرد.

۱-۳ مروری بر کارهای گذشته

برای تایید امضای برخط روشهای زیادی پیشنهاد شده است در اینجا تعدادی از روشهای تایید امضای برخط و نرخ خطای آنها بررسی می‌شود.

دروز[۳] و همکاران در [۹] از صفحه رقومی‌کننده حساس به فشار برای جمع آوری امضاها استفاده کردند و بعد از یک سری پیش پردازش های مختلف و حذف چرخش، چند دسته ویژگی متفاوت را مورد بررسی قرار داد.

این روش بر روی ۱۶۰ امضای اصلی و ۱۶۰ امضای جعلی تست شد و کمترین خطا مربوط به دسته ای شد که فقط شامل مولفه های سرعت بود. مقدار این خطا برای امضای اصلی ۱/٤٪ و برای امضای جعلی ۳/۳۹٪ گزارش شده است.

فخلعی[٤] و پوررضا[٥] در [۱۰] یک سیستم تشخیص امضای برون‌خط را بر پایه سه نوع متفاوت از استخراج ویژگی (WAVELET,CURVELET,CONTOURLET) پیشنهاد کردند. انحنا و جهت امضا ویژگی‌های مورد استفاده بودند و از SVM به عنوان طبقه بند استفاده شد. با مقایسه سه نوع تبدیل مذکور در سیستم، کمترین نرخ خطا برای استفاده از CONTOURLET گزارش شده است.

مقدم فرد[٦] و مزینی[۷] در [۱۱] روشی را پیشنهاد کرده‌اند که منحصرا مبتنی بر شبکه های عصبی زمانی-مکانی بوده و از هیچ گونه پیش پردازشی استفاده نمی‌شود. در این روش امضاها با استفاده از یک صفحه رقومی-

---

۱ Tablet
۲ Sequence
۳ Doroz
٤ Fakhlai
٥ Pourreza
٦ Moghadam Fard
۷ Mozayani

کننده اخذ شده و به قطاری از ضربه‌ها در چهار، هشت و یا شانزده جهت اصلی تبدیل می‌شوند. قطار ضربه ایجادشده با استفاده از یک کدینگ زمانی – مکانی به فرمت اعداد مختلط تبدیل شده و به شبکه عصبی زمانی – مکانی اعمال می‌شود تا فاز شناسایی امضا انجام گردد .پایگاه داده امضاها شامل ۴۰۰ امضاحقیقی از ۴۰ نفر، ۲۰۰ امضای جعلی معمولی و ۲۰۰ امضای جعلی حرفه ای می‌باشد .در این روش خطای پذیرش اشتباه برابر با۱۲ درصد و خطای رد اشتباه برابر با ۷ درصد شده است.

گالبالی[۱] و همکاران در [۱۲] ازالگوریتم ژنتیک برای تایید امضا استفاده کردند. رویه کار به این صورت بود که در ابتدا از هر امضا ۱۰۰ ویژگی که شامل ویژگی های زمان، سرعت وشتاب، جهت و شکل امضا است، تعیین و زیر مجموعه هایی از ویژگی‌ها برای هر امضا توسط الگوریتم ژنتیک استخراج گردید به طوری که نرخ تایید آن بیشتر از زمانی بود که هر ۱۰۰ ویژگی را به کار می‌برد.

این سیستم بر روی ۱٦۵۰۰ امضا مربوط به ۳۳۰ نفر ودر چهار حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفت. (امضای جعلی حرفه ای در حالتی که ۵ و۲۰ امضا برای آموزش و امضای جعلی تصادفی در حالتی که ۵ و۲۰ امضا برای آموزش به کار گرفته می‌شود.) برای ویژگی های سرعت و شتاب در جعل ماهرانه و ویژگی های زمانی برای جعل تصادفی بهترین جواب گزارش شده است. برای حالت ۵ امضای آموزش، جعل حرفه ای و استفاده از ٦۰ ویژگی مقدار خطا ۱۰/۱٪ و با ۱۰۰ ویژگی مقدار خطا ۱٤/۵۲٪ شد. برای حالت۲۰ امضای آموزش، جعل حرفه ای و استفاده از ۵٤ ویژگی مقدار خطا ۳/۳۱٪ و با ۱۰۰ ویژگی مقدار خطا ٤/۷٪ شد. برای حالت ۵ امضای آموزش، جعل تصادفی و استفاده از ۵۷ ویژگی مقدار خطا ٤/۱۱٪ و با ۱۰۰ ویژگی مقدار خطا ۵/۹٤٪ شد. برای حالت۲۰ امضای آموزش، جعل تصادفی و استفاده از ۵۳ ویژگی مقدار خطا ۰/۷۸٪ و با ۱۰۰ ویژگی مقدار خطا ۲/٦٪ شد.

هانگای[۲] و همکاران در [۸] از زاویه بین قلم و صفحه رقومی‌کننده به عنوان ویژگی برای تایید امضا استفاده کرد. سپس این سیستم بر روی امضای ۲٤ نفر تست گردید و خطای ٦/۷٪ برای آن گزارش شده است. در ادامه از شکل امضا و نیز فشار به عنوان ویژگی استخراج شده از امضا استفاده کرد و به ترتیب خطای ۱۲/۲٪ و۱٤/۲٪ بدست آمد. در انتها با ترکیب سه ویژگی ذکر شده در بالا، به خطای ۱/۸٪ دست یافت.

ناکانیشی[۳] و همکاران در [۱۳] از توابع مسیر و زاویه حرکت قلم برای تایید امضا استفاده کردند و شباهت این توابع را در باندهای جزئیات و تقریب مختلف به وسیله پردازش سیگنال تطبیقی[٤] محاسبه و از ترکیب آنها برای تایید امضا استفاده کرد و سیستم فوق را بر روی ۲۰۰ امضای اصلی و ۲۰۰ امضای جعلی از ٤ نفر آزمایش کرد که ۳/۵٪ =$EER^{۵}$ برای این سیستم تایید امضا، گزارش شده است.

نانی[٦] در[۱٤] از ۱۰۰ ویژگی کلی از قبیل متوسط سرعت امضا، نسبت طول به عرض امضا و.... برای تایید امضا استفاده کرد. او از ۵ امضای اصلی هر فرد برای آموزش سیستم تایید امضا استفاده و نرخ خطا را برای طبقه-

---

۱ Galbally
۲ Hangai
۳ Nakanishi
٤ Adaptive signal processing
۵ Equal Error Rate
٦ Nanni

بندهای[۱] یک کلاسی مختلف و ترکیب آنها بدست آورد. این روش بر روی یک مجموعه که از امضاهای ۱۰۰ نفر تشکیل شده و ۲۵۰۰ امضای اصلی و ۲۵۰۰ امضای جعلی حرفه‌ای را شامل می‌شود، آزمایش شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با استفاده از ترکیب طبقه‌بندهای PCAD[۲] و PWC[۳]، EER=٪۶/۵ بدست می‌آید که نسبت به طبقه‌بندهای یک کلاسی دیگر که در پیوست آورده شده‌اند، خطای کمتری دارد.

جین[٤] و همکاران در [۱۵] از صفحه رقومی‌کننده حساس به فشار برای جمع‌آوری امضاها استفاده کردند. بعد از پیش پردازش‌های لازم (هموارسازی و نرمالیزه کردن اندازه) چندین ویژگی محلی از قبیل اختلاف بین مختصات x و y دو نقطه متوالی، انحنا، سرعت نسبی و سرعت مطلق را استخراج کرد. تعداد دفعات برداشتن قلم از روی صفحه تنها ویژگی کلی استفاده شده در این روش است که برای محاسبه شباهت از آن استفاده شده است. شباهت بین امضای آزمایش و امضای الگو بوسیله ترکیب خطی هزینه[٥] تطابق ویژگی‌های محلی و اختلاف تعداد دفعات برداشتن قلم از روی صفحه محاسبه شده و سه معیار، کمترین، بیشترین و میانگین شباهت امضای آزمایش با مجموعه امضاهای الگو برای تایید امضا، مورد بررسی قرار گرفته و حد آستانه عمومی و حد آستانه وابسته به هر فرد برای تایید یا رد امضا بررسی شده است.

این روش بر روی یک مجموعه امضا و برای جعل تصادفی، (امضاهای افراد دیگر به عنوان امضای جعلی در نظر گرفته می‌شود) آزمایش شده است و برای ملاک کمترین شباهت و حد آستانه وابسته به افراد، بهترین نتایج گزارش شده است. این سیستم دارای ۲/۸٪ خطای قبول امضای جعلی و۱/٦٪ خطای رد امضای اصلی است.

نیلوا[٦] در[۱٦] ادعا کرده است که سازگاری ویژگی‌های دینامیکی امضا خیلی کمتر از اطلاعات مربوط به شکل امضا است او در کار خود بعد از نرمالیزه کردن اندازه و حذف چرخش امضا از مختصات x وy نسبت به مرکز جرم امضا استفاده کرد. این توابع به نحوی نرمالیزه شده‌اند که میانگین صفر داشته باشند. در این روش برای مقایسه امضای ورودی با امضاهای الگو، بعد از یافتن تطابق بین آن امضا و امضاهای الگو، هزینه تطابق به عنوان یک ویژگی کلی در نظر گرفته می‌شود و شباهت نهایی بوسیله ترکیب خطی هزینه‌های تطابق محاسبه می‌شود. در این سیستم برای تشکیل مجموعه امضاهای الگو برای هر فرد از ٦ نمونه امضا استفاده می‌شود.

این سیستم بر روی سه مجموعه امضای متفاوت که مجموعه اول، ۹۰٤ امضای اصلی از ۵۹ نفر و ۳۲۵ امضای جعلی از ۱۰ جاعل، مجموعه دوم، ۹۸۲ امضای اصلی و ٤۰۱ امضای جعلی از ۱۰ جاعل و مجموعه سوم، ۷۹۰ امضای اصلی از ٤۳ نفر و ٤۲٤ امضای جعلی از ۱۰ جاعل تشکیل شده، آزمایش شده است و به ترتیب EER برابر با ۳٪،۲٪ و ۵٪ برای این مجموعه امضاها گزارش شده است.

---

[۱] Classifier
[۲] Principal component analysis description
[۳] Parzen window classifier
[٤] Jain
[٥] Cost
[٦] Nalwa

دولفینگ[۱] و همکاران در[۱۷] از سیگنال‌های x،y و فشار برای تایید امضا استفاده کردند و امضا را به چندین قطعه تقسیم کردند. برای تعیین مرز قطعه‌ها از سیگنال سرعت در جهت y استفاده و نقاطی که برای آنها $V_y = 0$ است به عنوان مرز قطعه‌ها انتخاب شد. برای هر قطعه ۱٤ ویژگی مکانی و ۱۸ ویژگی زمانی استخراج کردند. هر امضا را با یک مدل مخفی مارکف[۲] چپ به راست[۳] مدل کردند و توابع احتمال این مدل را در مرحله آموزش بدست آوردند. تعداد حالتهای این مدل برابر با ۰/۸ تعداد قطعه‌ها در نظر گرفته شده است. برای تایید امضا، شباهت امضای ورودی با مدل بدست آمده در مرحله آموزش، به وسیله الگوریتم ویتربی[٤] محاسبه شده و با مقدار آستانه برای پذیرش امضا مقایسه شده است. این سیستم بر روی مجموعه امضاهای متشکل از ۱۵۳۰ امضای اصلی و ۳۰۰۰ امضای جعلی غیر حرفه ای از ۵۱ نفر آزمایش شده و EER=٪۲/٤۵ برای این مجموعه امضاها بدست آمده است.

شفیعی[۵] و ربیعی[٦] در [۱۸] از نقاط مهم امضا برای قطعه‌بندی امضاها استفاده کردند و برای هر قطعه ویژگی-هایی از قبیل سرعت متوسط، شتاب متوسط، فشار متوسط و مکان نقطه با اهمیت قطعه را استخراج کردند و از این ویژگی‌ها برای آموزش سیستم تاییدی که بر مبنای مدل مخفی مارکف کار می‌کند، استفاده کردند. این سیستم بر روی یک مجموعه امضای متشکل از ٦۲۲ امضای اصلی و ۱۰۱۰ امضای جعلی حرفه‌ای از ٦۹ نفر آزمایش شد و خطای قبول امضای جعلی ٤٪ و خطای رد امضای اصلی ۱۲٪ گزارش شده است.

یون[۷] و همکاران در [۱۹] از نقاط اکسترمم هندسی[۸] برای قطعه بندی امضاها استفاده کردند و با تغییر الگوریتم برنامه‌نویسی پویا[۹]، تطابق بین قطعه‌ها را بدست آوردند و برای هر یک از قطعه‌ها چندین ویژگی استخراج و با استفاده از شبکه عصبی شباهت بین دو امضا را محاسبه کردند. در این سیستم از ۵ امضای اصلی برای تولید امضای الگو استفاده می‌شود. این سیستم بر روی مجموعه امضای متشکل از ٦۷۹۰ امضای اصلی از ۲۷۱ نفر و برای امضاهای جعلی تصادفی آزمایش[۱۰] شده و EER=٪۱/۹٤ برای این سیستم گزارش شده است.

خولماتوف[۱۱] در [۲۰] از سیگنال‌های x، y و اختلاف x و y دو نقطه متوالی به عنوان ویژگی استفاده کرد و هزینه تطابق این سیگنال‌ها را به وسیله پیچش زمانی پویا[۱۲] بدست آورد و از این هزینه‌ها برای تایید امضا استفاده کرد. در این سیستم از ۵ امضای اصلی برای آموزش سیستم تایید استفاده می‌شود و برای تایید امضا، طبقه‌بند بیز و طبقه‌بند خطی[۱۳] آزمایش شدند. این سیستم بر روی مجموعه امضاهای متشکل از ٤۹۵ امضای اصلی و جعلی شد که برای طبقه بند بیز EER= ٪۲/۷ و برای طبقه بند خطی EER=٪۱/٤ گزارش شده است.

---

[۱] Dolfing
[۲] Hidden markov model
[۳] Left to right
[٤] Viterbi
[۵] Shafiei
[٦] Rabiee
[۷] Yoon
[۸] Geometric extermum
[۹] Dynamic programming
[۱۰] Random forgery
[۱۱] Kholmatov
[۱۲] Dynamic time warping
[۱۳] Linear classifier

ریوجا[۱] و همکاران در[۲۱] از ویژگی‌های مختصات نقاط شروع و پایان، سرعت حرکت قلم در جهت x و y، سیگنال فشار، نواحی با فشار زیاد و نواحی با سرعت بالا در جهت x و y برای تایید امضا استفاده کردند و برای محاسبه شباهت بین امضاها از شبکه عصبی استفاده شد. در این روش برای آموزش شبکه عصبی برای هر فرد از ٦٠ نمونه امضای اصلی او استفاده شده است. این سیستم بر روی یک مجموعه امضای متشکل از ١٤٠٠ امضای اصلی و جعلی از ١٤ نفر آزمایش شد که نرخ خطای پذیرش امضای جعلی ٢٪ و نرخ خطای رد امضای اصلی١/٨٪ برای این سیستم گزارش شده است.

ایگارزا[۲] و همکاران در [۲۲] از سیگنال‌های x و y، زاویه محور قلم نسبت به صفحه رقومی‌کننده و نقاط برداشت و گذاشت قلم برای تایید امضا استفاده کردند و برای محاسبه شباهت بین امضاها از مدل مخفی مارکف استفاده شد. مدل استفاده شده برای این منظور، یک مدل چپ به راست با ٦ حالت است. این سیستم بر روی یک مجموعه امضای متشکل از ٣٧٥٠ امضای اصلی و ٣٧٥٠ امضای جعلی که از ١٥٠ نفر جمع آوری شده است، آزمایش و EER=٪٩/٢٥ برای این سیستم گزارش شده است.

استخراج ویژگی‌های مناسب برای جداسازی امضاهای اصلی از امضاهای جعلی، تشکیل الگو برای امضاهای اصلی و تعیین مرز تصمیم برای تایید امضای ورودی به عنوان چالش‌های تایید امضای برخط مطرح شده‌اند. هدف اصلی این پایان‌نامه استخراج ویژگی‌های مناسب است که توانایی جداسازی امضاهای اصلی و امضاهای جعلی را داشته باشند و در فضای ویژگی‌ها، برای همه امضاهای اصلی در محدوده مشخصی قرار گیرند.

١-٤ ساختار پایان‌نامه

مطالب این پایان‌نامه در۵ فصل به صورت زیر جمع‌آوری شده است. در فصل۲ روشهای تایید امضای بر خط و مشکلات سیستم‌های تایید امضای بر خط توضیح داده می‌شود. همچنین مجموعه امضاهای مورد استفاده بررسی می‌شود.

در فصل۳ بخشهای مختلف سیستم تایید امضا در حوزه زمان بررسی می‌شود. برای افزایش تمایز بین امضای اصلی و امضای جعلی، الگوریتمی بر مبنای تطابق نقاط اکسترمم[۳] سیگنال‌ها و کلونی مورچه‌ها برای یکسان‌سازی طول زمانی آنها ارائه می‌شود و برای تایید امضا، یک مرز تصمیم تجربی تعیین می‌شود.

---

[۱] Rioja
[۲] Igarza
[۳] Extremum

در فصل ٤ ابتدا در مورد ماشین های بردار پشتیبان و PCA بحث خواهیم کرد و سپس با استفاده از PCA و SVM روشی برای تایید امضا برخط بیان می‌شود.در ادامه با ترکیب رگرسیون توسعه یافته و ماشین‌های بردار پشتیبان، روشی کارا برای تایید امضای بر خط ارائه خواهد شد.

فصل ٥ به مقایسه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات اختصاص داده می‌شود.

فصل دوم
بخشهای مختلف سیستم تایید امضای برخط

تایید امضاء برخط تعمیمی از یک فرآیند آشناست. در حالیکه اپراتور شکل نهایی امضاء را بررسی می‌کند، روش های تایید امضاء برخط، تاکید بیشتری روی حرکتهای فرآیند امضا کردن دارند. سرعت نسبی که خطها کشیده می‌شوند و فشار وارده، سیستم را قادر میسازد که سنجشهای انجام شده را بین امضاها حتی جایی که محیط کاملا متفاوت است, مقایسه کند و بیشتر تلاشها برای جعل امضا را با شکست مواجه کند.

۲-۱ روشهای تایید امضای برخط

روشهای تایید امضای برخط به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند:

- روشهای پارامتری
- روشهای تابعی

۲-۱-۱ روشهای پارامتری

در روشهای پارامتری یک مجموعه از ویژگی‌های کلی برای توصیف امضا استفاده می‌شود و ویژگی‌های امضای مرجع[۱] با ویژگی‌های امضای آزمایش[۲] مقایسه و تصمیم نهایی مبنی بر اصلی یا جعلی بودن امضا گرفته می-

---

[۱] Reference
[۲] Test

شود. در این روش امضا به فرم فشرده بیان می‌شود و تشکیل پایگاه داده برای آن به حافظه کمتری نیاز دارد. این روشها نسبت به تغییرات موضعی خیلی پایدار هستند. همچنین در مواردی که افراد برای جلوگیری از جعل شدن امضاهایشان، حاضر نیستند کل اطلاعات زمانی امضای خود را در پایگاه داده قرار دهند، می‌توان از این روش استفاده کرد. در این روش با توجه به اینکه فقط ویژگی‌های امضا استخراج و ذخیره می‌شوند، امکان سوء استفاده از امضاهای افراد وجود ندارد [۱۸].

مهمترین محدودیت این روش، تمایز کم بین امضاهای اصلی و امضاهای جعلی است. با توجه به اینکه ویژگی‌ها از کل امضا استخراج می‌شوند، در حقیقت یک نوع میانگین‌گیری بر روی آنها اعمال می‌شود و ویژگی-های محلی از بین می‌روند. مشکل دیگر این روش، انتخاب ویژگی‌های مناسب است. ممکن است، یک مجموعه از ویژگی‌ها برای یک امضا مناسب، ولی برای امضای دیگر مناسب نباشند.

۲-۱-۲ روشهای تابعی

در این روش الگوی امضا به صورت توابعی از زمان بیان می‌شود و ویژگی‌های امضا به صورت محلی با هم مقایسه می‌شوند. این مقایسه می‌تواند نقطه به نقطه یا قطعه[۱] به قطعه انجام شود. در این روش اطلاعات بیشتری نسبت به روش پارامتری در اختیار داریم و همچنین میانگین‌گیری وجود ندارد، بنابراین این روش از قدرت تمایز بیشتری برخوردار است. با توجه به اینکه مدت زمان امضا، حتی برای امضاهای یک فرد متفاوت است از اینرو در مقایسه امضاها، با رشته‌هایی با طول زمانی متفاوت برخورد خواهیم کرد. مهمترین مشکل این روش پیدا کردن تطابق بین نقاط متناظر دو امضا است.

در این روشها شباهت بین توابع زمانی امضاها محاسبه و به عنوان معیاری برای اصلی یا جعلی بودن امضا استفاده می‌شود. معمولاً این روشها در مقایسه با روشهای پارامتری به محاسبات بیشتری نیاز دارند ولی با توجه به پیشرفت تکنولوژی و در دسترس بودن رایانه‌های سریع این محاسبات مشکلی برای ما ایجاد نمی‌کند و دقت سیستم تایید امضا نسبت به حجم پردازش اطلاعات اهمیت بیشتری دارد، به همین دلیل اخیراً بیشتر از روشهای تابعی برای تایید امضای برخط استفاده می‌شود.

---

[۱] Segment