

طراحی يك سيستم چند سطحي تأييد امضاي دستنويس ايستا بر پايه تطبيق كاشان با درجه تفكيك پذيري چند گانه

سيد آرشد استادزاده^(۱)*
سيد شروين استادزاده^(۲)

(۱) مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد،
دانشکده فنی و مهندسی

(۲) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۸۴/۴/۱۱، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۸۴/۱۱/۳۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۸۴/۱۲/۳

چکیده در این مقاله مسئله تأیید امضای ایستا بر پایه يك الگوریتم ردیابی مبتنی بر قوانین مکاشفه‌ای مورد توجه قرار گرفته است. در روش به کار رفته، نخست امضاها در محیط برون خط، ردیابی شده و سپس ویژگی‌های محلی مختلف از هر تکه خط امضا به همراه پاره‌ای از ویژگی‌های سراسری استخراج می‌شوند. با بررسی ویژگی‌های استخراج شده و برقراری يك تناظر محلی مبتنی بر تطبیق کاشان بین قطعات امضای آزمون و امضای مرجع، تأیید یا رد امضای آزمون انجام می‌گیرد. به منظور شناسایی امضاهای جعلی ماهرانه نیز ویژگی‌های خاصی برای استخراج و مقایسه پیشنهاد شده است. نتایج آزمایش‌ها با استفاده از امضاهای جعلی ماهرانه و در حالت درجه تفکیک میانی، با به کارگیری تمام ویژگی‌ها، نرخ خطای رد نادرست امضاهای اصلی را ۵/۹٪ و نرخ خطای پذیرش نادرست امضاهای جعلی را ۱۱/۸٪ نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی امضای دستنویس، تأیید امضای برون خط، امضای جعلی ماهرانه، ردیابی امضا، تطبیق کاشان، قوانین مکاشفه‌ای.

نشانی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی
کامپیوتر
تلفن: ۰۵۱۱-۶۶۱۳۰۰۰ داخلی ۲۵۱ پست الکترونیکی: ostadzadeh@Mshdiau.ac.ir

۱- مقدمه

باعث شده است سیستم های تأیید امضای پویا عملکرد بهتری نسبت به سیستم های ایستا نشان دهند. با این حال، کاربردی تر بودن سیستم های تأیید امضای ایستا را می توان دلیلی برای گرایش به سمت این نوع سیستم ها دانست.

از حدود سه دهه پیش کارهای زیادی در زمینه تأیید امضا و شناسایی نویسنده انجام گرفته است [1,4]. در دهه ۱۹۸۰، Ammar و همکارانش [5] آمارهایی از نقاط پرفشار برای شناسایی تغییرات در امضاها استخراج کردند. Sabourin و Plamondon [6] با بررسی سمت محلی تکه خط ها و آمارهایی که از آن به دست می آید، تمایز بین دستنوشته اشخاص را مورد بررسی قرار دادند. همچنین Sabourin و همکارانش [8,7] از یک کد سایه ای توسعه یافته برای بردار ویژگی ها استفاده کردند تا خصوصیات محلی و سراسری را برای تأیید امضا به خدمت گیرند. Han و Sethi [9] از ویژگی های هندسی و همبندی برای توصیف امضاها بهره گرفتند و توزیع فضایی این ویژگی ها را در نگاشت امضا به یک رشته از نمادها بررسی کردند. در ایران نیز در چند سال اخیر کارهایی انجام گرفته است. به عنوان نمونه می توان

گرچه امضاهای دستنویس به هیچ وجه مطمئن ترین وسیله تصدیق هویت یک شخص نیستند، اما بدون تردید همچنان به عنوان یکی از متداول ترین روش ها برای مشخص کردن هویت افراد به کار گرفته می شوند. تحقیقات در زمینه دستنوشته که امضا نیز بخشی از آن است، به سه دسته کلی تقسیم می شوند:

۱- تشخیص دستنوشته (Handwriting Recognition) که در آن تنها تشخیص معنای حروف و کلمات دستنوشته مورد توجه است.

۲- شناسایی نویسنده (Writer Identification) که فرایند تعیین هویت یک فرد از روی دستنوشته است.

۳- تأیید امضا که مسئله تصمیم گیری در مورد صحت ادعای هویت شخص را با بررسی امضای او مطرح می کند.

سیستم های تأیید امضا با توجه به ماهیت داده های ورودی به دو دسته ایستا و پویا تقسیم می شوند. در سیستم های پویا ورودی سیستم فرایند امضا است، در صورتی که ورودی سیستم های ایستا نتیجه عمل امضا یا به عبارت دیگر تصویر امضا است. وجود داده های پویا مربوط به عمل امضا (داده های زمانی، فشار، سرعت و...)

امضا ارائه گردید. این قید امکان استخراج نقاط مهم را بر طبق سلسله ردیابی شده ایجاد می‌کند بنابراین، هم ویژگی‌های ایستا و هم قسمتی از ویژگی‌های پویای امضا (توالی حرکات قلم و تعداد حرکات قلم) قابل بازیابی است. در انتها به منظور کم کردن حساسیت این نمایش نقاط مهم نسبت به تغییرات جا به جایی، چرخش و مقیاس یک روش نرمال سازی بر اساس توزیع نقاط و بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس به خدمت گرفته شد. با توجه به این که تاکید ما بر تسخیر اطلاعات پویای زمانی و ترتیب حرکات قلم می‌باشد که نسبت به تغییرات جزئی شکل امضا حساس نیست، می‌توان ادعا نمود که روش یاد شده روشی بسیار مستحکم است. افزون بر این، استفاده از قوانین مکاشفه‌ای سطح بالا نیز در عدم حساسیت نسبت به تغییرات جزئی، بی‌تاثیر نیست. ادامه ساختار این مقاله به صورت زیر است. در بخش ۲ کلیات الگوریتم تطبیق امضای مرجع و آزمون بررسی می‌شود. بخش ۳ به توضیح چگونگی استخراج ویژگی‌های امضا می‌پردازد. بخش ۴ به تشریح چگونگی دسته‌بندی امضاهای آزمون اختصاص دارد. در بخش ۵

به کار صفا بخش و محرابیان [۱۰] در زمینه تشخیص صحت امضاهای فارسی اشاره کرد. در این مقاله شیوه‌ای جدید برای تأیید امضاهای دستنویس در یک محیط برون خط ارائه شده است. بر پایه مطالعات انجام شده و با انجام یک سری آزمایشات و بررسی دقیق امضاها، یک الگوریتم ردیابی مبتنی بر قوانین مکاشفه‌ای که امکان تبدیل تصویر اولیه امضا به توالی خاصی از حرکات قلم را فراهم می‌کند، پیشنهاد شده است [۴]. این شیوه، ردیابی امضاها را به صورتی که انسان آن را انجام می‌دهد، پیاده سازی می‌کند. بنابراین می‌توان در شناسایی و تأیید امضا، شیوه یاد شده را به شکل موثری به خدمت گرفت. قوانین مکاشفه‌ای یاد شده به صورت عملگرهایی برای تبدیل الگوی دو بعدی امضا به یک الگوی موقتی یک بعدی، به کار گرفته می‌شوند. پس از این که در یک امضا توالی حرکات قلم شناسایی شد، یک روش قطعه بندی بر اساس نقاط مهم (Critical Point Segmentation) منحنی‌ها با درجه تفکیک پذیری چندگانه (Multi Resolution) به منظور استخراج نقاط کلیدی (Feature Point) محلی با درجات متفاوت مقیاس و درشتی

برای هر ویژگی خاص است، همراه مدل مرجع ذخیره می‌گردد.

با استفاده از اطلاعات مدل مرجع و امضای آزمون یک تابع هزینه برای ارزیابی کیفیت فرایند تطبیق تعریف می‌کنیم. به حداقل رساندن این تابع هزینه منجر به مشخص شدن بهترین حالت تناظر می‌گردد. واضح است که هر چه مقدار انحراف معیار برای یک ویژگی کمتر باشد، آن ویژگی ثابت تر خواهد بود. بنابراین باید ارزش بیشتری به آن ویژگی در تکه خط مذکور داده شود. لازم به توضیح است، چنانچه مقدار انحراف معیار صفر شود (مثلاً برای زوایای ورودی و خروجی یک تکه خط بسیار کوچک) به معنای این است که آن ویژگی در تکه خط یاد شده بی‌معنی خواهد بود. بنابراین وزن ویژگی را نیز صفر می‌کنیم. افزون بر این، به منظور کم کردن حساسیت وزن‌ها قبل از معکوس کردن انحراف معیار مقدار عدد یک به آن اضافه می‌شود. هزینه بین مدل مرجع و امضای آزمون به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(۱)

که در آن $d(i)$ مقدار اختلاف اندازه گیری شده بین دو تکه خط و M تعداد کل تکه خط‌ها در امضای مرجع است. $d(i)$ مقدار مجموع وزن‌دار پنج ویژگی یاد شده است:

به ویژگی‌های قابل استفاده در تشخیص امضاهای جعلی ماهرانه پرداخته می‌شود. بخش ۶ نتایج بدست آمده از آزمایشات سیستم پیشنهادی را نشان می‌دهد. در پایان نیز نتیجه گیری آورده شده است.

۲- تطبیق امضا

برای تطبیق امضای آزمون و امضای مرجع، نخست باید یک تناظر محلی بین تکه خط‌های (Strokes) امضای آزمون و مدل مرجع که از روی امضاهای نمونه به دست می‌آید، برقرار گردد. این کار اجازه استخراج ویژگی‌هایی به منظور تصدیق صحت امضا، در اختیار ما قرار می‌دهد. ویژگی‌های محلی که از هر تکه خط استخراج می‌شوند عبارتند از: میانگین درجه انحنای هر تکه خط که با استفاده از روش نمونه برداری مجدد (Resampling) [11] به دست می‌آید، زاویه ورودی و خروجی هر تکه خط، موقعیت نسبی و اندازه نسبی هر تکه خط. هنگامی که این ویژگی‌ها برای امضاهای نمونه مشخص شدند، میانگین و انحراف معیار آنها محاسبه می‌گردد و یک بردار وزن برای هر تکه خط که ارزش هر ویژگی را مشخص می‌کند و متناسب با معکوس انحراف معیار

(۲) تطبیق $d(i)$ که $\sum_{x=1}^5 w_x(i)$ است در حقیقت

کاربرد تئوری تطبیق رشته (String Matching Theory) در تشخیص کاربرد، از الگوریتم برنامه‌نویسی پویا (Dynamic Programming) در تطبیق رشته استفاده می‌شود، به طوری که توالی نقاط به عنوان رشته در نظر گرفته شده و هدف سنجش فاصله بین یک رشته ناشناخته و رشته مرجع است. در این جا تابع هزینه بین دو نقطه در رشته (دو تکه خط یکی از امضای آزمون و دیگری از امضای مرجع) $d(i)$ می‌باشد که در رابطه (۲) تعریف شده است.

رابطه اصلی تطبیق کشسان (۳)، تضمین می‌کند که تمام تکه خط‌ها در امضای آزمون با یک تکه خط در امضای مرجع مقایسه شوند. این مورد در شکل (۱) نمایش داده شده است.

$$D(i, j; k) = d(i, j; k) + \left. \begin{array}{l} \min \left\{ \begin{array}{l} D(i-1, j; k) \\ D(i-1, j-1; k) \\ D(i-1, j-2; k) \end{array} \right\}_{j>2} \\ \min \left\{ \begin{array}{l} D(i-1, j; k) \\ D(i-1, j-1; k) \end{array} \right\}_{j=2} \\ \min \{ D(i-1, j; k) \}_{j=1} \end{array} \right\} \quad (3)$$

تطبیق کشسان از دید ریاضی، یک مسئله کمینه سازی است. فاصله کلی بین دو الگو با $D(n, m; k)$ برای n تکه خط آزمون در مقایسه با m تکه خط مرجع

با مشخص شدن تابع هزینه، هدف ما به حداقل رساندن مجموع تفاوت‌ها بین هر تکه خط در مدل مرجع و تکه متناظر آن در امضای آزمون است. با توجه به این که برای این عمل حالت‌های زیادی باید آزمایش شود و افزون بر این، از آنجا که ممکن است تعداد تکه خط‌های امضای آزمون و مرجع با هم تفاوت داشته باشند، ما یک تکه خط مجازی نیز تعریف می‌کنیم که برخی از تکه خط‌ها را بتوانیم نادیده بگیریم. مقدار درجه انحنای تکه خط مجازی، زوایای ورودی و خروجی، و اندازه نسبی آن صفر تعریف می‌شود، اما موقعیت آن را نزدیک به تکه خطی در نظر می‌گیریم که قرار است با آن تطبیق داده شود. الگوریتم تطبیق بر اساس روش تطبیق کشسان عمل می‌کند. هر تکه خط را می‌توان با تکه خط فعلی، تکه خط بعدی یا قبلی در مرجع تطبیق داد. در هر مرحله هزینه محاسبه شده و مسیر کمینه انتخاب می‌گردد. با توجه به این که ترتیب تکه خط‌های مدل مرجع مشخص است، ترتیب تکه خط‌های امضای آزمون نیز با برقراری تناظر، مشخص می‌شود.

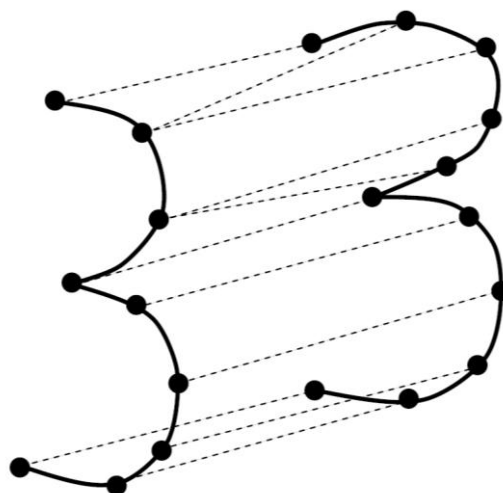
به بررسی و تحقیق زیاد دارد. یک سیستم تأیید امضا، در حقیقت یک مسئله دسته بندی دوتایی است، که در آن قرار گرفتن یک امضای آزمون در دسته امضاهای اصلی یا جعلی مد نظر است. انتخاب ویژگی‌ها باید تا آنجا که ممکن است به گونه‌ای باشد که تفاوت درون یک دسته (امضاهای اصلی شخص) کم بوده و برعکس تفاوت بین دسته‌های امضای اصلی و امضاهای جعلی برای یک شخص، زیاد باشد. ما پس از بررسی ویژگی‌های مختلف که توسط پژوهشگران دیگر پیشنهاد شده است، تعدادی از آنها را که به نظر می‌رسید عمل کرد بهتری نشان می‌دهند، برگزیدیم. این ویژگی‌ها در چهار دسته طبقه‌بندی شده‌اند که در ادامه به توضیح هر دسته می‌پردازیم.

۳-۱- ویژگی‌های سراسری هندسی.

ویژگی‌های سراسری هندسی استخراج شده از تصاویر امضا عبارتند از: نسبت ابعاد تصویر Projection امضا پس از برداشتن سطرها و ستون‌های خالی (لازم به توضیح است که اگر تصاویر امضا بر روی محورهای افقی و عمودی مختصات کمتر از حد معینی باشد، سطر یا ستون

بیان می‌شود. فاصله بین نقطه i از الگوی آزمون در مقایسه با نقطه j از مرجع k با $d(i,j;k)$ بیان می‌شود.

به طور قطع، ما در این مرحله قصد نداریم امضاهای جعلی را شناسایی کنیم. برقراری تناظر ما را قادر می‌سازد تا ویژگی‌های دیگری را از امضا استخراج کنیم.

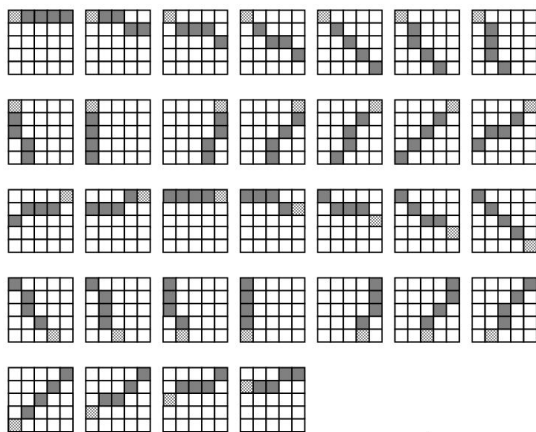


شکل ۱ تطبیق کشسان تکه خطها در دستنوشته آزمون و مرجع

۳- استخراج ویژگی‌ها

بدون شك مرحله استخراج ویژگی‌ها حساس‌ترین و مهم‌ترین مرحله یک سیستم تأیید امضای ایستا است. استخراج ویژگی‌های پایدار و تغییر ناپذیر امضای اشخاص، در کارایی سیستم مؤثر است. اندازه‌گیری و محاسبه سازگار ویژگی‌ها نیز احتیاج

در ابعاد 5×5 نقطه تصویری به خدمت گرفته شد تا ۳۲ جهت مجزا را در امضا مشخص کنند. هر کدام از آنها، یک تکه خط با زاویه خمیدگی متفاوت را نشان می‌دهند. کمترین زاویه بین دو عنصر ساختاری، ۱۱ درجه است. شناسایی زاویه خمیدگی یک تکه خط در رد اثر (Trajectory) امضا با به کارگیری عملگر کاهش (Erosion) که تناظری بین عنصر ساختاری و تکه خط ایجاد می‌کند، انجام می‌گیرد. عناصر ساختاری در شکل (۲) نمایش داده شده‌اند. با این حساب، ۳۲ عنصر از بردار ویژگی‌ها شامل تعداد دفعات تکرار هر کدام از این ۳۲ عنصر ساختاری در تصویر امضا است.



شکل ۲ عناصر ساختاری مورد استفاده در تعیین جهت تکه خطها

۳-۳-۳ - ویژگی‌های مبتنی بر گشتاورهای تصویر (Projection Moments)
گشتاورهای تصویر

یاد شده به عنوان خالی تلقی می‌شود)، زاویه شیب امضا (Slant)، تعداد اتصالات عمودی و افقی کوتاه برای مشخص شدن تعداد اجزای اصلی در امضا، گرانیگاه عمودی تصویر امضا، حداکثر مقدار تصویر امضا بر روی محور افقی (این ویژگی و ویژگی قبل در حقیقت مربوط می‌شوند به موقعیت خط پایه امضا (Baseline))، ناحیه نقاط تصویری سیاه (پر شده) در امضا، جا به جایی خط پایه (تفاوت بین گرانیگاه‌های عمودی در دو نیمه چپ و راست امضا). همه این ویژگی‌ها در بازه $[0,1]$ به صورت نرمال در آورده می‌شوند، تا برخی از آنها تحت الشعاع قرار نگیرند. در کل ۷ ویژگی سراسری هندسی از امضاها استخراج شد. Qi و Hunt [12] جزییات پیاده‌سازی برخی از ویژگی‌های فوق را مورد بررسی قرار داده‌اند.

۳-۲-۳ - ویژگی‌های مبتنی بر ریخت‌شناسی ریاضی (Mathematical Morphology)

یک مجموعه دیگر از ویژگی‌هایی که برای نمایش امضا انتخاب گردید، جهت تکه خطها است، که استخراج آنها به وسیله عملگرهای ریخت‌شناسی انجام می‌گیرد [13]. در مجموع ۳۲ عنصر ساختاری (Structuring Elements)

$$\text{a) } R_H = \frac{\mu_3^H}{(\mu_4^H)^{0.75}} \quad \text{b) } R_V = \frac{\mu_3^V}{(\mu_4^V)^{0.75}} \quad (7)$$

معیار تصویر افقی و عمودی نسبی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$VH = \frac{\mu_2^V}{\mu_2^H} \quad (8)$$

V نشان دهنده گشتاورهایی است که از تصویر عمودی استخراج شده اند و H مشخص کننده تصویر افقی است.

۳-۴- ویژگی‌های مبتنی بر پوشش امضا

(Envelope). ما از تعریف چهار منحنی پوشش بالایی، پایینی، راست و چپ برای استخراج ویژگی‌های شبکه چهارخانه (Grid) و پیچش امضا استفاده کردیم. موقعیت نقاطی که به اولین نقطه تصویری سیاه در هر ستون مربوط هستند، هنگامی که از بالا بر روی تصویر گذر می‌کنیم، پوشش بالایی و وقتی که گذر از پایین تصویر انجام می‌گیرد، پوشش پایینی تعریف می‌شود. تعاریف پوششهای راست و چپ هم مشابه این دو تعریف است.

به منظور استخراج اطلاعات شکل هندسی از این منحنی‌ها، یک شبکه مناسب بر روی آنها قرار داده می‌شود. ابعاد شبکه پس از آزمایش‌های مختلف ۳×۳ خانه تعریف شد. شکل و طبع آن

معیاری آماری از توزیع نقاط تصویری امضا فراهم می‌کنند و بر خلاف ویژگی‌های سراسری دیگر تا حدی نسبت به اعوجاج و تغییرات سبک امضا غیر حساس هستند. در این‌جا از معیارهای گشتاور که در کار Bajaj و Chaudhury [14] پیشنهاد شده است، استفاده کردیم. گشتاور مرتبه r برای تصویر امضا به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_r = \sum_i (x_i - x^c)^r G(x_i) \quad (4)$$

که در آن x^c گرانیگاه تصویر متناظر امضا است و G تابعی از x یا y است. معیار درجه اوج یا همواری (Kurtosis) و معیار کجی (Skewness) توزیع نقاط از تصاویر افقی و عمودی امضا استخراج شده و مقدار نسبی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\text{a) } K_H = \frac{\mu_4^H}{(\mu_2^H)^2} \quad \text{b) } K_V = \frac{\mu_4^V}{(\mu_2^V)^2} \quad (5)$$

$$\text{a) } S_H = \frac{\mu_3^H}{(\mu_2^H)^{1.5}} \quad \text{b) } S_V = \frac{\mu_3^V}{(\mu_2^V)^{1.5}} \quad (6)$$

رابطه (۵) معیار درجه اوج یا همواری و رابطه (۶) معیار کجی را نشان می‌دهد. مقدار نسبی این دو معیار از رابطه (۷) به دست می‌آید.

ویژگی i ام باشد که از همان مجموعه به دست آمده است، فاصله یک امضای آزمون (ناشناخته) از دسته به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^{NF} \left(\frac{FV_i - \mu_i}{\delta_i} \right)^2} \quad (9)$$

که در آن FV_i مقدار اندازه‌گیری شده ویژگی i ام در بردار امضای آزمون است. برای دسته بندی یک امضای آزمون باید یک حد آستانه ای T برای هر شخص انتخاب شود. مقدار حد آستانه ای بر اساس توزیع هزینه‌های امضاهای مجموعه آموزش محاسبه می‌گردد. مقدار حد آستانه ای را بر مبنای مجموعه آموزش شخص امضا کننده و بقیه اشخاص موجود در بانک محاسبه می‌کنیم. فرض می‌کنیم توزیع هزینه تطبیق مجموعه امضاهای آموزش، وقتی که با امضای مرجع امضا کننده، تطبیق داده می‌شود یک توزیع نرمال گاوسی با مقدار میانگین m_k و انحراف معیار δ_k باشد:

$$\left. \frac{(k - m_k)^2}{2\delta_k^2} \right\} \quad (10)$$

همچنین فرض می‌کنیم برای بقیه امضا کنندگان در بانک، توزیع هزینه مقایسه

قسمت از منحنی (از جهت قرار گرفتن قله، دره و دامنه به سمت بالا و پایین) که در داخل یک خانه قرار می‌گیرد، مقدار عدد نسبت داده شده به آن را مشخص می‌کنند، که قسمتی از بردار ویژگی‌ها را تشکیل می‌دهد. درجه تاب خوردگی و پیچش منحنی‌های پوشش و اتصال آنها، به صورت مناسب توسط ویژگی‌های زیر مشخص می‌گردد:

تعداد دور زدن در هر کدام از ۴ منحنی پوشش، تعداد فضاهای خالی در پوشش‌ها (این مقدار برای هر زوج منحنی یکسان است)، تعداد افت‌های ناگهانی در هر کدام از پوشش‌ها. در مجموع ویژگی‌های بررسی شده در این چهار دسته، توانایی تشخیص انواع امضاهای جعلی تصادفی و ساده را به خوبی دارا هستند.

۴- دسته بندی امضاها

ما در این جا از یک دسته بندی کننده مرسوم فاصله اطمینان (Confidence Interval Classifier) به عنوان معیار تأیید، استفاده کردیم. فرض کنید NF تعداد ویژگی‌های استخراج شده از یک امضا باشد و μ_i میانگین مقدار ویژگی i ام که از مجموعه امضاهای اصلی محاسبه شده است. اگر δ_i مقدار انحراف معیار

جعلی (FAR) است.) با مفروضات گاوسی برای حد آستانه ای x برابر است با $P = PFRR + PFAR$ که:

$$PFRR = \int_x^{\infty} f(x) dx \quad (16)$$

$$PFAR = \int_{-\infty}^x g(x) dx$$

با فرض این که احتمالات پذیرش نادرست و رد نادرست برابر هستند، برای به حداقل رساندن مجموع دو خطا از P مشتق گرفته و برابر با صفر قرار می‌دهیم:

$$\sum^2 = \frac{1}{n-1} ((n-1)s_0^2 + (r-1)s_A^2) \quad (17)$$

جواب این معادله بر حسب x ، مقدار حد آستانه ای بهینه در تئوری است. این حد آستانه ای منحنی توزیع $s_0^2 = \frac{1}{n-r} \sum_{i=1, i \neq k}^N (N_{train} + 1) \sigma_i^2$ است. مزیت محاسبه مقدار حد آستانه ای $s_A^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{i=1, i \neq k}^N N_{train} (\bar{m}_i - M)^2$ است که تخمینی از نرخ خطا را در حالت کلی، چنانچه اندازه بانک امضا فراتر از حد محاسبه باشد، در اختیار ما قرار می‌دهد.

۵- شناسایی امضاهای جعلی

ماهرانه $g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \sum^2}} \exp \left\{ -\frac{(x-M)^2}{2 \sum^2} \right\}$ در سیستم های تایید امضا به مقوله امضاهای جعلی ماهرانه کمتر پرداخته می‌شود. شاید بتوان دلایل اصلی آن را مرسوم بودن امضاهای جعلی تصادفی در

امضاهایشان با امضای مرجع هر کدام از امضا کنندگان نیز یک توزیع گاوسی با میانگین M و انحراف معیار \sum باشد، که آن را با $g(x)$ نشان می‌دهیم:

$$n = \sum_{i=1, i \neq k}^N N_{train} \quad (11)$$

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1, i \neq k}^N N_{train} m_i$$

که در اینجا N تعداد کل امضا کنندگان بانک است.

$$(12)$$

r تعداد امضا کنندگان غیر از امضا کننده مورد نظر است و همچنین داریم:

$$(13)$$

$$(14)$$

امضاها به اندازه کافی زیاد هستند تا نماینده امضاهای جعلی تصادفی باشند. با این فرض توزیع $g(x)$ برابر است با:

$$(15)$$

احتمال خطای مجموع (نوع اول و دوم) (خطای نوع اول مربوط به رد نادرست امضای اصلی (FRR) و خطای نوع دوم مربوط به پذیرش نادرست امضای

چنانچه امضاهای جعلی در مرحله قبل شناسایی نشوند، در این مرحله با نگاه دقیق تری به ویژگی‌های محلی خطوط آنها را شناسایی می‌کنیم. ویژگی‌های مورد نظرمان عبارتند از: اندازه شیب (Gradient) بر روی لبه‌های امضا، جهت شیب بر روی لبه‌های امضا که با سمت و درجه نرمی تکه خط‌ها متناسب است، تغییرات سطح خاکستری در طول امضا که متناظر با کیفیت خطوط (فشار قلم و زاویه آن با صفحه) و پهنای تکه خط‌ها در طول امضا که متناظر با حالت بالستیکی نوشتن است. اختلاف بین لبه‌های چپ و راست در ویژگی‌های فوق بستگی به عادات مختلف اشخاص و طرز گرفتن قلم در دست دارد. برای مقایسه مقادیر ویژگی‌ها از روش همبستگی (Correlation) می‌توانیم استفاده کنیم، چون این روش تنها برای سیگنال‌هایی است که در طول زمان شیفت داده می‌شوند، در حالی که سیگنال‌های دستنوشته دقیقاً شیفت داده شده یا کدیگر نیستند. ما از میانگین مقدار ویژگی برای هر تکه خط، برای مقایسه بهتر امضای آزمون و مرجع استفاده می‌کنیم تا تاثیر اعوجاج کمتر شود. هزینه مجموع به صورت جمع مقادیر مربع اختلاف ویژگی

اکثر کشورهای خصوصاً کشورهای لاتین زبان که امضای شخص عموماً نام او است و همین طور دشواری تحلیل و آنالیز داده‌های جزئی و غیر بالستیک امضاها، دانست. اما در برخی کشورها و از جمله ایران ضرورت پرداختن به امضاهای جعلی ماهرانه کاملاً احساس می‌شود.

امضاهای جعلی ماهرانه با این که از نظر شکل و فرم در ظاهر شبیه امضاهای اصلی هستند، اما بدون تردید از نظر فاکتورهای کیفیت خطوط در رده پایینی قرار می‌گیرند. این فاکتورها که از خصوصیات حرکتی دستنوشته ناشی می‌شوند، عبارتند از: سرعت حرکت، تداوم، یکپارچگی و هماهنگی، فشار قلم، آزادی عمل یا درنگ کردن، ضرب آهنگ و مهارت در نوشتن [14]. جاعل سعی در تقلید سبک و شکل امضا دارد، پس نمی‌تواند عمل امضا کردن را به صورت بالستیک یعنی بدون بازخورد موقعیتی لحظه‌ای انجام دهد. امضاهای جعلی ردیابی شده از نظر کیفیت خطوط از امضاهای شبیه‌سازی شده بدتر هستند. برای شناسایی امضاهای جعلی ماهرانه باید تفاوت‌های ساختاری به صورت محلی در سطح تکه خط‌ها مورد مقایسه قرار گیرد.

داده شد و آنها فرصت کافی برای تمرین داشتند. هیچگونه محدودیت خاصی از نظر زمان یا تعداد امضاهای تمرینی اعمال نشد. هر جا عل بین پنج تا هشت امضای جعلی برای هر نفر که امضایش در بانک امضا وجود داشت، ایجاد کرد که نیمی از آنها امضاهای جعلی ردیابی شده و نیمی دیگر امضاهای جعلی شبیه سازی شده (ماهرانه با تمرین) بودند. از بین کل امضاهای جعلی برای هر فرد، هشت امضا که نزدیکتر به امضای اصلی تشخیص داده شدند،

برای هر تکه خط محاسبه می‌گردد.

۶- نتایج آزمایشها

ما از چهار نفر نمونه امضا جمع‌آوری کردیم. از هر کدام هشت امضای اصلی در سه یا چهار مرحله گرفته شد. سعی کردیم بین جلسات فاصله زمانی معقول وجود داشته باشد تا اثر زمان در تغییرات امضای اشخاص مشخص گردد. از قلم‌های متفاوت برای گرفتن امضاها استفاده شد. امضاها بر روی کاغذ سفید گرفته شدند. بعد از جمع‌آوری امضاهای اصلی، به سه نفر جا عل، تصویر امضاهای اصلی



(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۳ نمونه‌ای از امضاهای به کار رفته در سیستم: (الف) امضای واقعی، (ب) امضای جعلی ردیابی شده، (ج) امضای جعلی شبیه سازی شده
جدول ۱ (الف) مقادیر آماری محاسبه شده برای یک امضاکننده، (ب) نرخ خطا در مقایسه با مجموعه آموزش

(الف) _____

(ب)

تطبيق امضاها مقدار خطاي نهايي در سه حالت مجموعه هاي آموزش ۴، ۵ و ۸ عضوي تعيين گرديد. مقادير خطاي نوع اول و دوم با استفاده از مدل رياضي نيز محاسبه شد. نتايج در جدول (۱) خلاصه گرديده است. تعداد امضاهاي

جعلي براي هر شخص

تئوري		واقعي		مجموعه آموزش / آزمون / آزمون
FAR	FRR	FAR	FRR	
۱/۱۸ %	۴/۱۲ %	/ ۱۲۴۸۰ ۶۷ % ۰/۵۳	/ ۳۲۰ ۱۱ ۳/۴۳ %	۸/۴
۱/۰۵ %	۳/۳۱ %	/ ۱۲۴۸۰ ۵۲ % ۰/۴۱	/ ۳۲۰ ۸ ۲/۵۰ %	۸/۵
۰/۶۸ %	۰/۹۷ %	/ ۱۲۴۸۰ ۳۸ % ۰/۳۰	/ ۳۲۰ ۲ ۰/۶۲ %	۸/۸
تعداد کل امضاهاي اصلي در آزمون برابر است با $۴۰ \times ۸ = ۳۲۰$				
تعداد کل امضاهاي جعلي در آزمون برابر است با $۴۰ \times ۳۱۲ = ۱۲۴۸۰$				

برابر $۳۹ \times ۸ = ۳۱۲$ مي باشد. نتايج بسيار رضاي بخش است و مشخص مي شود سيستم در تشخيص امضاهاي جعلي تصادفي بسيار موفق عمل مي کند که دور از انتظار نيز نبود.

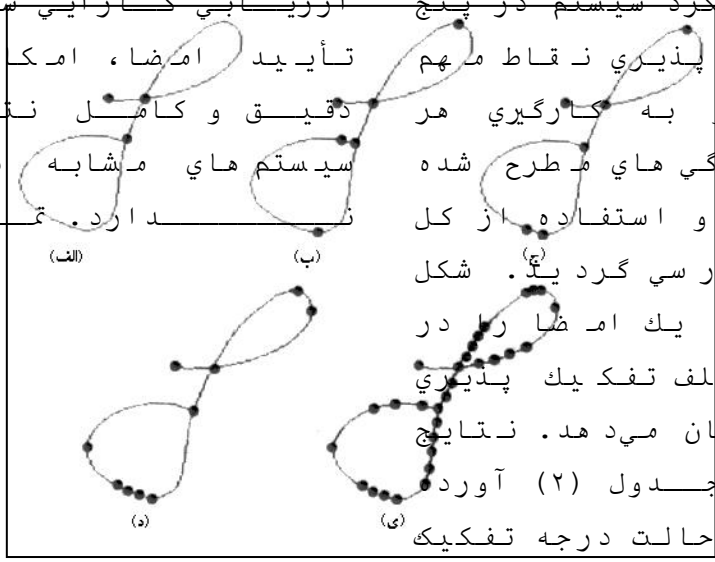
در آزمون ديگر، از امضاهاي جعلي ماهرانه موجود در بانک امضا استفاده کردیم. با استفاده از ويژگي هاي مطرح شده در مورد امضاهاي جعلي

مجموعه آموزش	۴	۵
M	۳۵/۹۴۵۳	۳۵/۵۴۸۵
\sum	۶/۹۳۶۷	۶/۹۰۷۱
m_k	۱۳/۹۱۸۸	۱۴/۷۲۸۳
δ_k	۳/۹۹۵۰	۳/۱۰۹۹
حد آستانه اي	۲۲/۶۵۰۳	۲۱/۹۸۸۵
P_{FA} (واقعي)	% ۰/۰۱۳	% ۰
P_{FR} (واقعي)	% ۰	% ۰
P_{FA} (محاسبه شده)	% ۲/۷۴	% ۲/۵
P_{FR} (محاسبه شده)	% ۱/۴۳	% ۰/۹۹

انتخاب گرديد که چهارتاي آنها امضاهاي جعلي رد يابي شده، و چهار تاي ديگر امضاهاي جعلي شبیه سازي شده بودند. در نهايت بانكي با ۶۴۰ امضا تشكيل شد که براي آزمونها از آن استفاده کردیم. تصاویر امضا به کمک يك پويشگر با دقت ۳۰۰ نقطه در اينچ وارد کامپيوتر شدند که در نهايت هر امضا در ابعاد ۴۹۰×۳۰۰ نقطه با ۲۵۶ سطح خاکستري ذخيره گرديد. شکل (۳) نمونه اي از امضاي اصلي و امضاهاي جعلي رد يابي شده و شبیه سازي شده متناظر آن را نشان مي دهد.

براي بررسي کارايي روش پيشنهادي، دو آزمون مختلف انجام دادیم. در آزمون اول از امضاهاي اشخاص ديگر در بانک به عنوان امضاهاي جعلي تصادفي براي يك شخص استفاده کردیم و با به کارگيري ويژگي هاي سراسري مطرح شده، پس از

ماهرانه، عملکرد سیستم در پنج ارزیابی کارایی سیستم های حالت تفکیک پذیری نقاط مهم تأیید امضا، امکان مقایسه منحنی امضا و به کارگیری هر دقیق و کامل نتایج با کدام از ویژگی های مطرح شده سیستم های مشابه دیگر وجود به صورت مجزا و استفاده از کل ویژگی ها، بررسی گردید. شکل (۴) قسمتی از یک امضا را در حالت های مختلف تفکیک پذیری نقاط مهم نشان می دهد. نتایج آزمایش در جدول (۲) آورده شده است. در حالت درجه تفکیک



میانی با به کارگیری تمام ویژگی ها، نرخ خطای نوع اول برابر با ۵/۹٪ و خطای نوع دوم، ۱۱/۸٪ به دست آمد. متأسفانه به علت عدم وجود بانک های استاندارد امضا جهت

شکل ۴ نمایش نقاط مهم امضا با تفکیک پذیری چندگانه (الف) درجه تفکیک کمینه، (ب) درجه تفکیک کم، (ج) درجه تفکیک متوسط، (د) درجه تفکیک زیاد، (ی) درجه تفکیک بیشینه

جدول ۲ نتایج محاسبه خطای نوع اول و دوم در پنج حالت تفکیک پذیری نقاط مهم

بیشینه		زیاد		متوسط		کم		کمینه		ویژگی ها
FAR	FRR	FAR	FRR	FAR	FRR	FAR	FRR	FAR	FRR	
۱۶/۳۲۰ (۵٪)	۱۰۰/۳۲۰ (۳۱٪)	۴۵/۳۲۰ (۱۴٪)	۵۵/۳۲۰ (۱۷٪)	۴۸/۳۲۰ (۱۵٪)	۴۵/۳۲۰ (۱۴٪)	۵۵/۳۲۰ (۱۷٪)	۳۹/۳۲۰ (۱۲٪)	۹۴/۳۲۰ (۲۹٪)	۱۹/۳۲۰ (۶٪)	اندازه شیب
۲۳/۳۲۰ (۷٪)	۸۳/۳۲۰ (۲۶٪)	۴۸/۳۲۰ (۱۵٪)	۴۵/۳۲۰ (۱۴٪)	۵۵/۳۲۰ (۱۷٪)	۳۸/۳۲۰ (۱۱٪)	۶۷/۳۲۰ (۲۱٪)	۳۲/۳۲۰ (۱۰٪)	۹۹/۳۲۰ (۳۱٪)	۱۲/۳۲۰ (۳٪)	جهت شیب
۲۹/۳۲۰ (۹٪)	۱۰۶/۳۲۰ (۳۳٪)	۶۴/۳۲۰ (۲۰٪)	۶۷/۳۲۰ (۲۱٪)	۷۱/۳۲۰ (۲۲٪)	۵۸/۳۲۰ (۱۸٪)	۸۰/۳۲۰ (۲۵٪)	۵۱/۳۲۰ (۱۶٪)	۱۱۹/۳۲۰ (۳۷٪)	۲۹/۳۲۰ (۹٪)	تغییرات سطح خاکستری

۲۶/۳۲۰ (۸%)	۱۱۷/۳۲۰ (۳۶%)	۵۱/۳۲۰ (۱۶%)	۷۷/۳۲۰ (۲۴%)	۵۸/۳۲۰ (۱۸%)	۶۴/۳۲۰ (۲۰%)	۷۴/۳۲۰ (۲۳%)	۶۲/۳۲۰ (۱۹%)	۱۰۲/۳۲۰ (۳۲%)	۳۸/۳۲۰ (۱۲%)	پهنای تکه خطها
۷/۳۲۰ (۲/۱%)	۵۹/۳۲۰ (۱۸/۴%)	۳۱/۳۲۰ (۹/۶%)	۲۹/۳۲۰ (۹/۰%)	۳۸/۳۲۰ (۱۱/۸%)	۱۹/۳۲۰ (۵/۹%)	۴۶/۳۲۰ (۱۴/۳%)	۱۷/۳۲۰ (۵/۳%)	۶۹/۳۲۰ (۲۱/۵%)	۴/۳۲۰ (۱/۲%)	همه ویژگی‌ها

ویژگی‌های مناسب و پایدار از امضاهای مرجع و با به کارگیری تطبیق کشسان در حالت‌های مختلف تفکیک پذیری نقاط مهم، صحت امضاهای آزمون را در چند مرحله مورد بررسی قرار می‌دهد.

آزمایشات بر روی بانک امضا که از امضاهای جعلی متفاوت تشکیل شده است، نتایج رضایت بخشی را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که انتخاب هوشمندانه امضاهای نمونه برای آموزش، در کارایی سیستم مؤثر باشد. برگزیدن تنها برخی از تکه خطها برای استخراج ویژگی‌های محلی نیز می‌تواند در بازده سیستم تاثیرگذار باشد که توصیه می‌شود در کارهای آتی مد نظر قرار گیرد.

سیستم‌های موجود از بانک محلی خود برای آزمایش و ارائه نتایج استفاده می‌کنند و این مهم، باعث فراهم نبودن بستر مناسب جهت مقایسه می‌باشد.

با وجود این، در سیستم پیشنهادی صفا بخش و محرابیان [۱۰] که مشابه سیستم ما به منظور تأیید امضاهای فارسی در محیط برون خط ارائه گردیده است، مقدار خطای نوع اول ۱۳/۵٪ و مقدار خطای نوع دوم ۲۶٪ گزارش شده است. روش پیشنهادی ما برای تأیید امضا، در مقایسه کلی و تقریبی با سیستم‌های مشابه و با توجه به این که تنها از امضاهای جعلی ماهرانه استفاده شده است، عمل کرد قابل قبولی را نشان می‌دهد.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش جدیدی برای تأیید امضاهای دستنویس در محیط برون خط، ارائه گردید. سیستم مورد نظر با استفاده از یک روش ردیابی هوشمند مبتنی بر قوانین مکاشفه‌ای منجر به برقراری یک تناظر محلی بین امضای مرجع و آزمون می‌گردد و سپس با استخراج

۸- مراجع

1. R. Plamondon, G. Lorette, "Automatic Signature Verification and Writer Identification - The State of the Art", Pattern Recognition, Vol. 22, pp. 107-131, (1989).
2. F. Leclerc, R. Plamondon, "Automatic Signature Verification: The State of the Art - 1989-1993", Int. Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol. 8, No. 3, pp. 643-660, (1994).
3. J. Gupta, A. McCabe, "A Review of Dynamic Handwritten Signature Verification", Technical Report, James Cook University, Australia, (1997).
۴. استادزاده، سید آرشد، طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم تأیید امضای دستنویس ایستا با به کارگیری تناظر محلی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر (نرم افزار)، دانشگاه فردوسی، مشهد، شهریورماه (۱۳۸۰).
5. M. Ammar, Y. Yoshida, T. Fukumara, "A New Effective Approach for Off-line Verification of Signatures by Using Pressure Features", IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-16, No. 3, pp. 39-47, (1986).
6. R. Sabourin, R. Plamondon, "Preprocessing of handwritten signatures from image gradient analysis", Proc. 8th Int. Conf. on Pattern Recognition, Paris, pp. 576-579, (1986).
7. R. Sabourin, G. Genest, "An extended-shadow-code-based approach for off-line signature verification: Part I. Evaluation of the bar mask definition", Proc. Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 450-453, (1994).
8. R. Sabourin, G. Genest, "An extended-shadow-code-based approach for off-line signature verification: Part II. Evaluation of several multi-classifier combination strategies", Proc. Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, pp. 197-201, (1995).
9. K. Han, K. Sethi, "Signature identification via local association of features", Proc. Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, pp. 187-190, (1995).
۱۰. صفاجش، رضا و محرابیان، مهران، "تشخیص صحت امضاهای فارسی"، مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین‌المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، صص ۱۹۸-۲۰۵، دی ماه (۱۳۷۶).
11. M. Worring, A.W.M. Smeulders, "Digital curvature estimation, CVGIP: Image Understanding", Vol. 58, pp. 366-382, (1993).
12. Y. Qi, B.R. Hunt, "Signature Verification using Global and Grid Features", Pattern Recognition, Vol. 27, No. 12, pp. 1621-1629, (1994).
13. L.L. Lee, M.G. Lizarraga, "An off-line method for human signature verification", Proc. Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol. 3, pp. 195-198, (1996).
14. R. Bajaj, S. Chaudhury, "Signature verification using multiple neural classifiers", Pattern Recognition, Vol. 30, No. 1, pp. 1-7, (1997).

15. A.S. Osborn, Questioned Documents, Boyd Printing Co., Albany, NY, 2nd Edition, (1929).