



احراز اصالت هویت فرد با استفاده از مدل‌سازی منحنی سرعت

الگوی امضاء

سعید رشیدی^۱، علی فلاح^۲، فرزاد توحیدخواه^۳

^۱ تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مهندسی پزشکی

rashidi.saeid@gmail.com

^۲ و ^۳ دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پزشکی

a_fallah@aut.ac.ir

towhidkhah@aut.ac.ir

چکیده

امروزه ارائه راهکاری سریع و دقیق جهت مسئله تصدیق امضاء بسیار مورد توجه است. در زمینه تصدیق امضای پویا، ویژگی‌ها پارامتری یا سیگنالی می‌باشند. در روشهای پارامتری هر چند سرعت فرآیند استخراج و طبقه‌بندی سریعتر از روشهای سیگنالی است ولی از دقت کمتری برخوردار هستند. در این پژوهش هدف مدل‌سازی سیگنال سرعت می‌باشد که از الگوهای پایدار و مشخصه‌های ذاتی در ترسیم امضای یک فرد حقیقی است. با استفاده از رفتار مدل‌های قطب- صفر مبتنی بر تبدیل کسینوسی گسسته، ضمن بیان روشی دقیق جهت مدل‌سازی با محاسبه ضربه‌های نوشتاری از سیگنال سرعت به استخراج ویژگی‌های حاصل از این مولفه‌های پایه می‌پردازیم. با اعمال طبقه‌بندی کننده SVM به ویژگی‌های کلی و ناحیه‌ای حاصل از پایگاه دادگان متشکل از امضای افراد فارسی، چینی و انگلیسی زبان، خطای EER در شرایط سطح آستانه مشترک برابر ۱/۲۹٪ و ۱/۹۷٪ به ترتیب برای جاعلان تصادفی و ماهر حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی

تبدیل کسینوسی گسسته، تصدیق امضاء، ضربه نوشتاری، ماشین بردار پشتیبان، مدل قطب- صفر.

۱- مقدمه

ترسیم به آسانی به رایانه‌های شخصی یا همراه متصل می‌شوند و در هر محیطی قادر به دریافت اطلاعات مورد نیاز خواهند بود [۱]. از سوی دیگر امضای افراد در بخش عمده‌ای از اسناد کاری مرتبط با فعالیتهای روزمره تجاری و اداری جهت تایید و احراز هویت استفاده می‌شود و این امر انگیزه‌ای برای طراحی سیستمهای تشخیص هویت بر پایه امضاء است. بر خلاف ساختار شبکه و اثر انگشت که مبتنی بر ویژگیهای فیزیولوژیکی هستند، امضای فرد به مرور زمان و با ممارست شکل می‌یابد و به همین دلیل امکان جعل آن توسط جاعلان وجود دارد. تصدیق امضاء به دو گروه سیستمهای ایستا (Static) و پویا (Dynamic) تقسیم می‌شود [۲]. در سیستمهای ایستا تصویر حاصل از امضای فرد مرجع اطلاعات است. مشکلات این روش همان مسائل تجزیه و تحلیل تصاویر است. پس از پیش پردازش دادگان، با استفاده از الگوریتمها و روشهای ریاضی حروف یا شکل

تصدیق امضاء در دهه اخیر یکی از زمینه‌های جذاب در موضوع شناسائی و تایید اشخاص بوده‌است. اگر چه استفاده از دیگر روشهای زیست سنجی مانند الگوهای شبکه یا عنبیه که بطور یکتا شخص را معرفی می‌کند، از دقت بالاتری برخوردار هستند اما به دلایلی در عرصه تجاری مورد اقبال قرار نگرفته‌اند. برای مثال تهیه یک تصویر از شبکه چشم در اغلب افراد احساس ناخوشایندی ایجاد می‌کند ضمن آنکه نسبت به دیگر روشها احتیاج به ابزارهای حجیم‌تر، پیچیده‌تر و هزینه بیشتری دارد. به عبارت دیگر و از منظر فن‌آوری عمومی تجهیزات دریافت‌گر اطلاعات، قلمهای نوری و صفحات ترسیم که قادر به ثبت اطلاعات موقعیت در راستای X,Y,Z، فشار و زاویه تمایل قلم در حین ترسیم و نوشتن می‌باشند، بسیار ساده‌تر هستند. این صفحات

تقطیع الگوی امضاء به بخشهای مختلف، بردار ویژگی حاصل برای آموزش طبقه‌بندی کننده استفاده می‌شود [۷، ۸].

۲- فرآیند تصدیق امضاء

فرآیند تصدیق امضاء در نگاه کلی شامل مراحل: اخذ دادگان، پیش پردازش، مدلسازی و استخراج ویژگی، فرآیند مقایسه و تصمیم‌گیری است. در شکل (۱) مراحل کلی یک سیستم تصدیق نشان داده شده‌است.

در این پژوهش، پایگاه دادگان شامل دو مجموعه است. بخش اول که در این تحقیق تهیه شده، الگوهای امضای ۵۰ نفر به عنوان افراد حقیقی (شامل ۱۳ زن) به کمک صفحه ترسیم WACOM (Graphier 4) با دقت $\pm 0.25 \text{ mm}$ و نرخ نمونه‌برداری HZ ۱۰۰ دریافت شده‌است. از هر فرد ۲۵ نمونه امضای مرجع و به ازای هر فرد حقیقی دو گروه جاعل مبتدی و ماهر تعریف گردید. ۲۰ نفر جاعل مبتدی و ۳۰ نفر جاعل ماهر که هر کدام به تعداد ۱۰ نمونه کلیه الگوهای مرجع را جعل می‌نمودند. پایگاه دوم شامل افراد انگلیسی و چینی زبان می‌باشد که از سایت اولین مسابقه تصدیق امضاء دریافت شده، شامل ۸۰ فرد حقیقی که هر کدام ۲۰ بار امضای خویش را تکرار کرده‌اند و برای هر الگو نیز ۲۰ نمونه جاعل ماهر وجود دارد [۹].

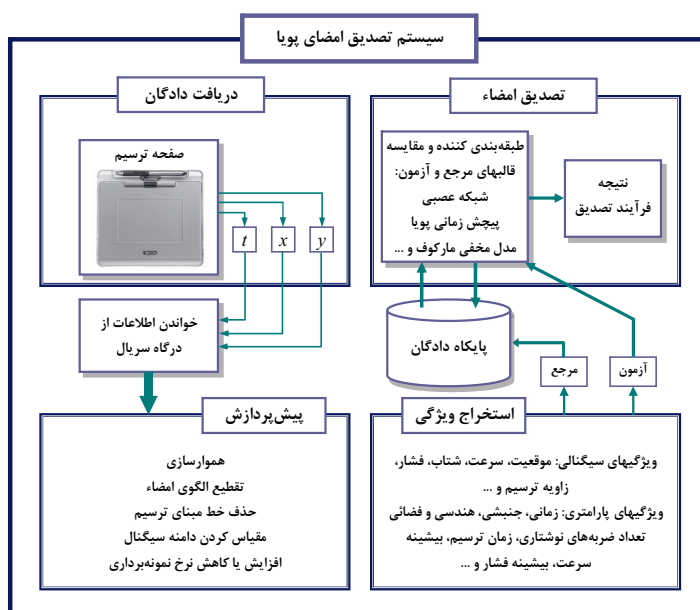
پیش پردازش شامل فرآیندهای هموارسازی، مشتق‌گیری عددی، حذف زاویه چرخش الگو و مقیاس نمودن سیگنالها است. هموارسازی به کمک یک فیلتر گوسی غیر علی انجام می‌شود [۱۰]. مشتقات سیگنال موقعیت (سرعت) نیز بر پایه توابع اسپلاین حاصل می‌گردد.

امضاء باشناسی می‌شود سپس فرآیند تصدیق اعمال می‌گردد. ایراد اساسی این روش عدم لحاظ نمودن تغییرات و ویژگیهای پویای امضاء در حین ترسیم فرد است.

در سیستمهای پویا اطلاعات موقعیت، فشار و زاویه قلم بصورت توابع زمانی از طریق ابزار صفحه ترسیم دریافت می‌شود. با استفاده از این اطلاعات پایه می‌توان سیگنالهای دیگری مانند سرعت، شتاب و نیرو را استخراج نمود.

امضای یک فرد که شامل نام، منحنی‌های هندسی یا ترکیب هر دو است به نحوی انتخاب می‌شود که طرحی یکتا بوده و بتواند معرف صاحب امضاء باشد. با ممارست و کسب مهارت ویژگیهای پویای امضاء خاص می‌شود که می‌تواند مبنایی برای شناسایی فرد گردد. بر پایه نظریه کنترل حرکت، امضاء فرآیندی بالستیک (Ballistic) بوده که دستورات حرکتی صادره از سیستم عصبی مرکزی بدون بهره‌گیری از پسخورد، عضلات دست را در اجرای طرح امضاء هدایت می‌کند [۱]. این مهارت حرکتی می‌تواند در شرایط گوناگون حتی با چشمان بسته نیز ساختار پایه خود را حفظ نماید. در چنین شرایطی برای یک جاعل اجرای مشابه تمام خصوصیات پویای امضاء نظیر سرعت، شتاب و فشار در قیاس با فرد حقیقی بسیار دشوار است.

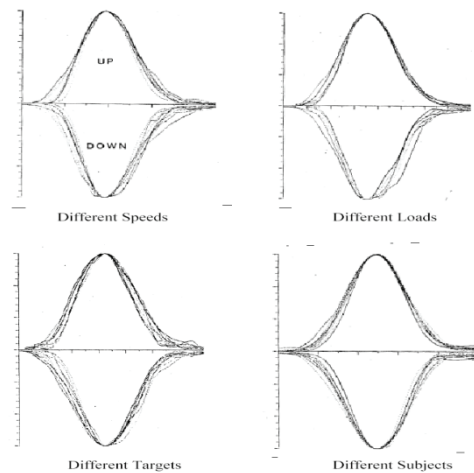
روشهای تصدیق امضای پویا در سه طبقه قرار می‌گیرند. اول روشهای ویژگی محور که بردار ویژگیهای کلی مانند زمان امضاء، بیشینه سرعت، انحراف معیار محور X از توابع زمانی استخراج می‌شوند [۳، ۴]. دوم روش تابع محور محلی که سیگنالهای زمانی همچون سرعت، شتاب و فشار بر پایه الگوریتمهای سنسجش شباهت مانند پیچش زمانی پویا (Dynamic Time Warping) مقایسه می‌شوند [۵، ۶]. سوم روش تابع محور ناحیه‌ای که با



شکل ۱: فرآیند تصدیق امضای پویا.

۳- مدلسازی

مطالعات و تحقیقات گسترده صورت پذیرفته، حاکی از نقش محوری متغیر سرعت در کنترل حرکات ماهرانه سریع در حوزه الگوهای نوشتاری است به گونه‌ای که در این فرآیندها سرعت دارای طرح زنگوله‌ای شکل و پایدار بوده و با تغییرات دامنه، دوره زمانی حرکت و نوع هدف، ساختار کلی آن حفظ می‌شود [۱۱، ۱۲، ۱۳]. این منحنی زنگوله‌ای بیانگر یک ضربه نوشتاری (Stroke) می‌باشد. در شکل (۲) منحنی سرعت یک حرکت ساده تحت شرایط مختلف مشاهده می‌شود که الگو و طرح سرعت تقریباً ثابت باقی مانده است.



شکل ۲: تغییرپذیری طرح سرعت حرکت دست در شرایط متفاوت (منحنی‌ها نسبت به زمان و مقدار بیشینه سرعت مقیاس شده‌اند) [۱۱].

۱-۳ مدلسازی سیگنال گوسی شکل

مدل قطب- صفر انتخابی بر پایه این واقعیت استوار است که معکوس تبدیل کسینوسی پاسخ ضربه یک سیستم درجه دوم $X(z^{-1})$ با دو صفر و دو قطب در صورت انتخاب مناسب مکان صفر و قطبها یک منحنی گوسی شکل خواهد بود [۱۴، ۱۵]. چنانچه صفرها حقیقی و قطبها مختلط و مزدوج باشند داریم:

$$X(z^{-1}) = \frac{G(1-a_1z^{-1})(1-a_2z^{-1})}{1-2r\cos\theta z^{-1}+r^2z^{-2}} \quad (1)$$

$r < 1, 0 \leq \theta \leq 180^\circ$

که رابطه فوق را می‌توان به شکل زیر نیز نمایش داد:

$$X(z^{-1}) = c + \frac{a+bz^{-1}}{1-2r\cos\theta z^{-1}+r^2z^{-2}} \quad (2)$$

$$c = \frac{a_1a_2G}{r^2}, a = G - c$$

$$b = 2cr\cos\theta - (a_1 + a_2)G$$

پاسخ ضربه سیستم فوق عبارت است از:

$$X(k) = c\delta(t) + \frac{ar^k}{\sin\theta} \sin(k+1)\theta + \frac{r^{k-1}}{\sin\theta} \sin k\theta \quad (3)$$

$k = 0, 1, 2, \dots, N-1$

N طول سیگنال ورودی است. از طرفی تبدیل کسینوسی گسسته (DCT) سیگنال $x(n)$ چنین تعریف می‌شود:

$$X(k) = \alpha_k \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N} \quad (4)$$

$$\alpha_k = \begin{cases} 1/\sqrt{N} & k=0 \\ \sqrt{2/N} & k=1,2,\dots,N-1 \end{cases}$$

و معکوس تبدیل کسینوسی (IDCT) سیگنال $X(k)$

$$x(n) = \frac{X(0)}{\sqrt{N}} + \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=1}^{N-1} X(k) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N} \quad (5)$$

$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$

رابطه (۵) می‌تواند یک سیگنال زمانی به شکل گوسی باشد. پارامتر θ مکان وقوع بیشینه مقدار سیگنال $x(n)$ را تعیین می‌کند. همچنین پارامترهای r, a, b نه تنها دامنه سیگنال بلکه شیبهای صعود و نزول $x(n)$ را نیز کنترل می‌کنند.

۲-۳ مدلسازی و تجزیه سیگنالهای پیچیده

چنانچه یک سیگنال پیچیده حاصل ترکیب تعدادی سیگنالهای پایه و گوسی شکل باشد، می‌توان به کمک ترکیب خطی مدل‌های قطب- صفر بیان شده در رابطه (۱) ضمن مدلسازی، اجزا و مولفه‌های پایه را شناسائی و بازآفرینی نمود. اگر $x(n)$ سیگنال اولیه باشد با اعمال تبدیل DCT به آن داریم:

$$X(k) = X_1(k) + X_2(k) + \dots + X_M(k) = \sum_{i=1}^M X_i(k) \quad (6)$$

مولفه‌های $X_i(k)$ شناخته نیستند و باید محاسبه گردند. فرض می‌شود که $X(k)$ پاسخ ضربه یک سیستم از درجه $(2M, 2M)$ و تابع تبدیل آن به شکل زیر است:

$$\hat{X}(z^{-1}) = \frac{B_0 + B_1z^{-1} + \dots + B_{2M}z^{-2M}}{1 + A_1z^{-1} + \dots + A_{2M}z^{-2M}} \quad (7)$$

با بسط تابع فوق به توابع جزئی از درجه $(2, 2)$ خواهیم داشت:

$$\hat{X}(z^{-1}) = \frac{B_{2M}}{A_{2M}} + \sum_{i=1}^M \frac{a_i + b_i z^{-1}}{1 - 2r_i \cos \theta_i z^{-1} + r_i^2 z^{-2}} \quad (8)$$

جزء دوم رابطه فوق تابع تبدیل مولفه‌های پایه می‌باشد و در آن کلیه ثابتهای a_i, b_i, r_i, θ_i باید محاسبه شوند. با محاسبه ریشه‌های مخرج و ترکیب قطبهای مزدوج، این مقادیر حاصل می‌شود. ولی ضریب c در رابطه (۲) برای هر یک از این اجزا به شکل دیگری تعیین می‌گردد. باید توجه داشت که مقدار B_{2M}/A_{2M} بیانگر ضریب c در رابطه (۲) است.

۲- زوج بودن این تعداد

با پیاده‌سازی حالات مختلف منحنی سرعت و خطای بازآفرینی مدل، محدوده $2M \leq 4 \leq 8$ مناسب تشخیص داده شد. اگر درجه مدل کمتر از ۴ باشد خطا زیاد و چنانچه بیشتر از ۸ انتخاب گردد، صفرها و قطبهای افزوده شده بر یکدیگر منطبق می‌گردند. با توجه به الگوهای موجود در پایگاه دادگان و به دلایلی نظیر: پیچیدگی بیش از حد برخی از امضاها، حجم محاسبات و محدودیتهای نرم‌افزاری در تخمین مدل‌های با درجه بسیار بزرگ تصمیم بر انتخاب درجه ۴ به ازای هر ضربه نوشتاری گردید.

در شکل (۴) مدلسازی منحنی سرعت یک الگوی امضاء مشاهده می‌گردد که مدل با دقت بالا و خطائی ناچیز $PRD = 0.18\%$ طرح اولیه را بازآفرینی نموده‌است.

۴- استخراج ویژگی

با توجه به موفقیت مدل در بازآفرینی منحنی سرعت الگوهای امضاء انتظار می‌رود بتوان با تعریف ویژگیهای برگرفته از ساختار مدل قطب- صفر، به مقایسه و طبقه‌بندی الگوهای جعلی و حقیقی پرداخت.

در فرآیند مقایسه امضاها، دو مشکل عمده مطرح است. اول یکسان نبودن طولهای دو سیگنال، هر چند که از یک فرد بدست آمده باشند. دوم تغییرات غیرخطی محور زمان برای دو قطعه متناظر از دو سیگنال مشابه است. این دو عامل سبب می‌گردد برای یک فرد نیز هیچگاه دو امضای کاملاً مشابه یافت نشود. به بیان دیگر در فضای سرعت هر چند ساختار کلی مولفه‌های گوسی

$$C_0 = \frac{B_{2M}}{A_{2M}} = \sum_{i=1}^M c_i \quad (9)$$

برای تجزیه C_0 به مقادیر c_i ابتدا IDCT پاسخ ضربه هر یک از مولفه‌ها بدست آورده و با استفاده از اولین نمونه هر سیگنال پایه $\hat{x}(0)$ مقدار c_i تعیین می‌گردد.

$$c_i = -\hat{x}(0)\sqrt{N} \quad (10)$$

شکل (۴) پیاده‌سازی روش را بر روی سیگنالی متشکل از دو مولفه نشان می‌دهد. هر یک از مولفه‌ها به کمک یک مدل از درجه (۲،۲) استخراج و بازسازی شده‌اند که در شکل‌های (۲-۲) پ و ت) مکان هندسی صفرها و قطبهای مربوطه مشاهده می‌شود. میزان خطای مدل برابر 1.79% است که خطا از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد.

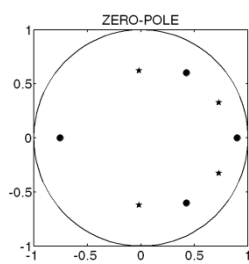
$$PRD = \left[\frac{\sum_{n=0}^{N-1} (x(n) - \hat{x}(n))^2}{\sum_{n=0}^{N-1} x(n)^2} \right]^{1/2} \quad (11)$$

۳-۳ مدلسازی منحنی سرعت الگوی امضاء

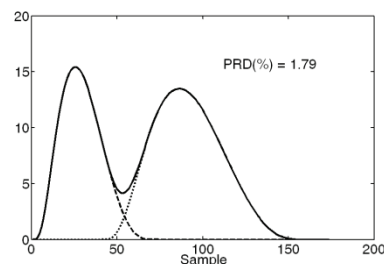
با توجه به منحنی گوسی شکل سیگنال سرعت در الگوهای ماهرانه نوشتار و بویژه امضاء انتظار می‌رود بهره‌گیری از مدل قطب- صفر مبتنی بر تبدیل DCT راهکاری مناسب جهت بازآفرینی فضای سرعت باشد.

با توجه به آنکه الگوهای امضاء در فضای سرعت برآیندی از چندین Stroke و یک منحنی پیچیده است، باید به این مسئله مهم اشاره داشت که درجه مدل چگونه و با چه معیاری انتخاب گردد؟ برای پاسخ به این پرسش توجه به دو نکته ضروری می‌نماید:

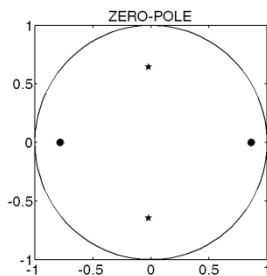
۱- برابری تعداد صفرها و قطبها



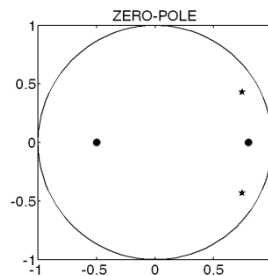
(ب)



(الف)

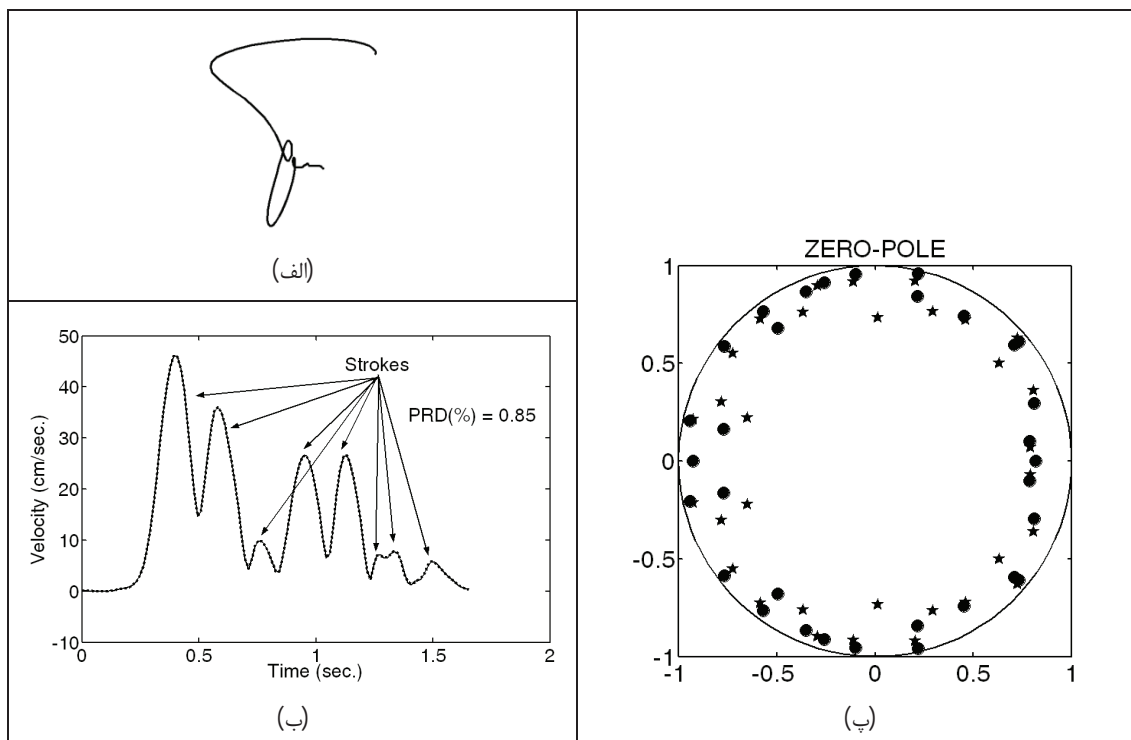


(ت)



(پ)

شکل ۳: مدلسازی و تجزیه سیگنال پیچیده. (الف) - سیگنال اولیه شامل دو زیر سیگنال گوسی شکل. (ب) - مکان هندسی ریشه‌های سیگنال اصلی. (پ) - مکان ریشه‌ها برای مولفه اول. (ت) - مولفه دوم.



شکل ۴: مدلسازی الگوی امضاء در فضای سرعت. (الف) - طرح امضاء. (ب) - منحنی سرعت، اولیه (--) و مدل (....). (پ) - مکان ریشه‌ها.

چهار به عنوان درجه مدل برای فرد حقیقی فرض می‌گردد. همچنین برای افراد جاعل نیز از همان درجه مدل تخمینی برای فرد حقیقی استفاده می‌شود و بدین شکل برای هر فرد و جاعل مربوطه درجه مدل و در نتیجه تعداد ویژگیها یکسان خواهد بود.

به جهت یکسان بودن تعداد ویژگیها در الگوهای حقیقی و جعلی برای تمام افراد، تعداد ویژگی در گروه اول برابر ۱۵ ضریب اولیه تبدیل DCT و در گروه دوم ۵ ویژگی ابتدائی $\Delta\theta$ انتخاب گردید. برای محاسبه ویژگی $\Delta\theta$ بدین شکل عمل می‌گردد که اختلاف فاز کوچکترین قطب ضربه نوشتاری i ام و فاز بزرگترین قطب ضربه قبلی از یکدیگر کسر می‌شود.

$$\Delta\theta_{s_i} = \theta(\text{Min}(p_{s_i})) - \theta(\text{Max}(p_{s_{i-1}})) \quad (12)$$

بنابر این تعداد کل ویژگیها برای هر الگو برابر ۲۰ ویژگی خواهد بود. در شکل (۶) ایده روش مدلسازی و مقدار ویژگیهای مفروض برای یک نمونه از دادگان موجود ملاحظه می‌شود. در الگوهای حقیقی (شکلهای ۷- الف و پ) مقادیر ویژگی $\Delta\theta$ نزدیک به یکدیگر بوده حال آنکه در الگوی جعلی که توسط یک جاعل ماهر تهیه شده، با وجود شباهتهائی که در فضای موقعیت با الگوی حقیقی دارد ولی $\Delta\theta$ های آن کاملاً از امضای حقیقی متمایز است. جهت مقایسه و برآورد فاصله یا شباهت الگوها، ابتدا در گروه الگوهای مرجع با استخراج ویژگیها، مقادیر میانگین و انحراف معیار هر ویژگی را محاسبه می‌شود. با فرض توزیع آماری نرمال برای هر ویژگی، می‌توان فاصله آماری هر ویژگی را با الگوهای مرجع سنجید و آنگاه فاصله ویژگی i ام در الگوی آزمون و مرجع به صورت زیر محاسبه می‌شود:

شکل یکسان است ولی تفاوتها جزئی مانند: تغییر قله‌های سرعت، تغییر تقارن منحنی، تغییر طول زمانی هر مولفه وجود خواهد داشت. بر پایه ساختار مدل ویژگیهای مختلفی می‌توان تعریف نمود ولی با توجه به تغییرات جزئی بیان شده، دو مجموعه ویژگی تعریف می‌شود:

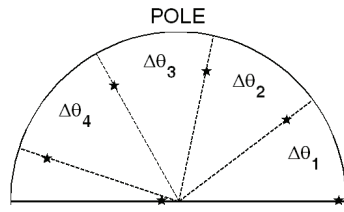
- ۱- ضرایب حاصل از اعمال تبدیل DCT به منحنی سرعت
- ۲- اختلاف فاز قطبهای متوالی

به بیان دیگر مجموعه اول ویژگیهای کلی و گروه دوم ویژگیهای ناحیه‌ای را بدست می‌دهند. اختلاف فازها علاوه بر تغییرات دامنه مولفه‌های سیگنال، حاوی تغییرات غیرخطی محور زمان نیز می‌باشد. در شکل (۵) برای دو سیگنال متناوب و شبه متناوب مکان قطبها مشخص شده‌است. همانگونه که مشاهده می‌شود در حالت متناوب $\Delta\theta$ ها برابر ولی در شبه متناوب، فاز قطب متناظر با سیگنال غیر همگون با بقیه فازها نابرابر است.

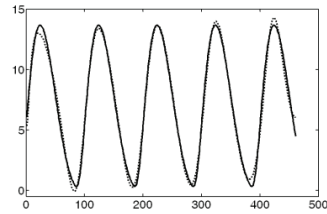
از آنجا که قطبها مختلط و مزدوج هستند، تنها قطبهای با فاز مثبت لحاظ می‌شوند بنابر این تعداد کل ویژگیهای $\Delta\theta$ بر پایه مدلی با درجه $(2M, 2M)$ برابر $M-1$ می‌باشد.

۵- نتایج

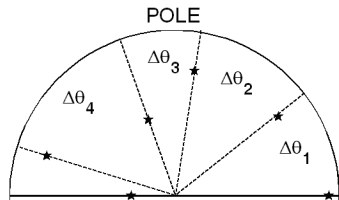
همانگونه که در بخش (۳-۱) ذکر گردید به ازای هر ضربه نوشتاری مدلی از درجه (۴،۴) انتخاب می‌شود. از آنجا که حتی برای یک فرد حقیقی نیز تعداد ضربه‌های نوشتاری در امضاهای مختلف برابر نیست، برای انتخاب درجه کلی مدل بدین صورت عمل می‌شود که با متوسط‌گیری بر روی الگوهای مرجع، نزدیکترین عدد زوج و مضربی از



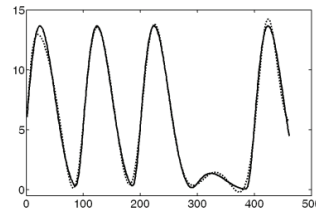
(ب)



(الف)

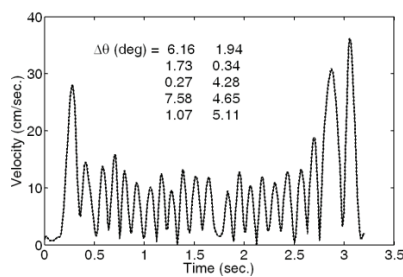


(ت)



(پ)

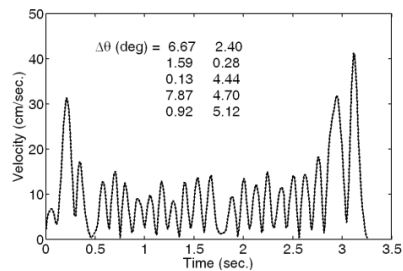
شکل ۵: تغییرات فاز قطبها در دو سیگنال تقریباً مشابه. الف) - سیگنال متناوب، اولیه (--) و مدل (···). ب) - مکان هندسی قطبها. پ) - سیگنال شبه متناوب، اولیه (--) و مدل (···). ت) - مکان هندسی قطبها.



(ب)

Cammy

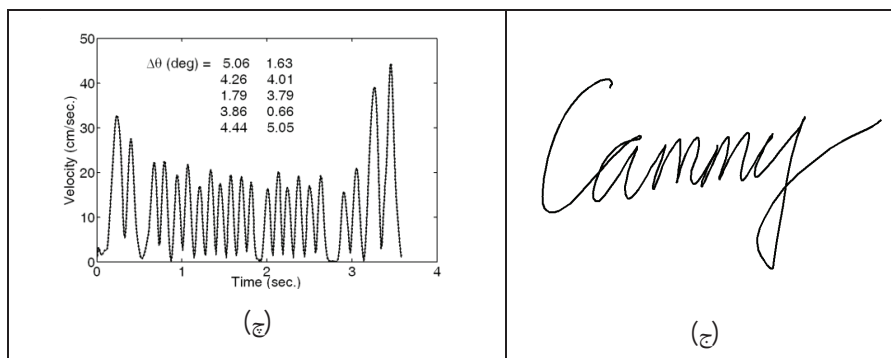
(الف)



(ت)

Cammy

(پ)



(ج)

Cammy

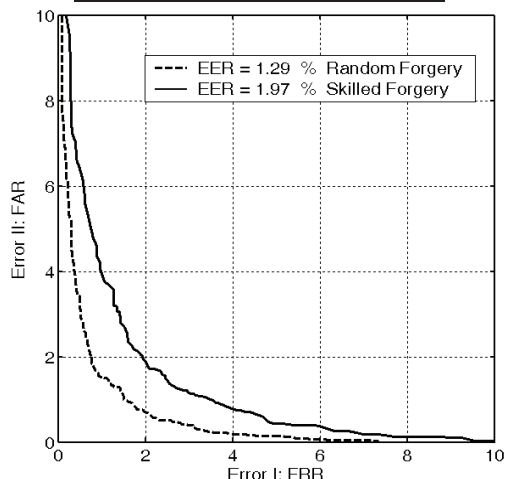
(ج)

شکل ۶: مدلسازی و استخراج ویژگیهای $\Delta\theta$. الف) - امضای حقیقی. ب) - منحنی سرعت، اولیه (--) و مدل (···). پ) - امضای حقیقی. ت) - منحنی سرعت. ج) - امضای جعلی. چ) - منحنی سرعت، اولیه (--) و مدل (···).

جدول ۱: مقدار خطای EER(%) به ازای سطح آستانه فردی و

مشترک.

سطح آستانه		گروه جاعلان
عمومی	فردی	
۱/۲۹	۰/۸۷	جاعل تصادفی
۱/۹۷	۱/۱۸	جاعل ماهر



شکل ۷: منحنی خطای FAR بر حسب FRR در شرایط سطح آستانه مشترک.

سیگنالی و پارامتری به خطای ۲/۱۲٪ در حالت سطح آستانه فردی دست یافت [۱۷]. همچنین در تحقیق دیگری که با استفاده از تغییرات ویژگیهای سیگنالی انجام شد خطای EER برابر ۳/۳۹٪ در گروه جاعلان ماهر حاصل شد [۱۸].

۶- نتیجه گیری

در این مقاله با ارائه مدل قطب- صفر مبتنی بر تبدیل کسینوسی گسسته سیگنال سرعت، نشان داده شد که علاوه بر دقت مدل در بازآفرینی سیگنال، استخراج ضربه‌های نوشتاری، ویژگیهای گوناگونی نیز برای مسئله تصدیق امضاء و شناسایی افراد جاعل و حقیقی قابل تعریف می‌باشد. بدلیل تغییرپذیری درونی الگوهای امضای یک فرد حقیقی، بهره‌گیری از ویژگی که قابلیت هضم این تغییرات را داشته و مشخصات ذاتی و اصلی امضاء را نیز حفظ نماید ضروری است. با استخراج چنین ویژگیهایی که همان اختلاف فاز قطبهای مدل می‌باشد و بهره‌گیری از ویژگیهای کلی ضرایب تبدیل DCT، سیستم تصدیق شاخص مناسبی را فراهم می‌آورد.

مراجع

- [1] R. Plamondon and G. Lorette, "Automatic signature verification and writer identification: The state of the art," Pattern Recognition, Vol. 22, pp. 107-131, 1989.

$$D_i = \frac{\Delta\theta(test)_i - \mu_{\Delta\theta_i}}{\sigma_{\Delta\theta_i}} \quad (13)$$

S تعداد ضربه‌های نوشتاری و $\sigma_{\Delta\theta_i}, \mu_{\Delta\theta_i}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار ویژگی i ام در گروه انتخابی الگوهای مرجع می‌باشد. جهت پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی، تعداد الگوهای مرجع برای هر فرد حقیقی را ۵ امضاء فرض کرده‌ایم. از آنجا که هر الگوی آزمون باید با ۵ الگوی مرجع مقایسه شود، بردار فاصله \bar{D} خواهیم داشت که در نهایت متوسط مقدار بردار فاصله را به عنوان فاصله الگوی آزمون استخراج نموده و سپس به مقدار واحد مقیاس می‌شود.

$$D_{Normalized} = \frac{1 - e^{-Mean(\bar{D})}}{1 + e^{-Mean(\bar{D})}} \quad (14)$$

برای طبقه‌بندی الگوها از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) به هسته RBF استفاده شده‌است. در جدول (۱) نتایج حاصل مشاهده می‌شود که در شرایط سطح آستانه فردی و مشترک و به ازای جاعلین ماهر و تصادفی بدست آمده‌اند. چنانچه در رابطه (۱۴) مقدار $Mean(\bar{D})$ برای هر فرد تعریف شود سطح آستانه فردی و اگر آن روی تمام افراد اعمال شود سطح آستانه مشترک گوئیم. همچنین منظور از جاعل تصادفی کسی است که بدون توجه به امضای حقیقی، امضای خویش را انجام می‌دهد. در این آزمایشات تعداد ۱۰ امضاء از دیگر افراد حقیقی بطور تصادفی انتخاب و به عنوان جاعل تصادفی معرفی شدند. نرخ خطای یکسان (Equal Error Rate: EER) نقطه‌ای است که دو خطای نرخ پذیرش اشتباه (False Acceptance Rate: FAR) و نرخ رد اشتباه (False Rejection Rate: FRR) با یکدیگر مساوی می‌شوند.

شکل (۷) منحنی خطاهای نوع اول یا همان FAR و نوع دوم یا FRR را بر حسب یکدیگر در گروه جاعلین تصادفی و ماهر در شرایط سطح آستانه مشترک نشان می‌دهد.

مقایسه بین روشهای مختلف تصدیق امضاء به علت پایگاه دادگان غیر یکسان دشوار است. بنابراین ما نتایج را با آن دسته از تحقیقات که از دادگان پایگاه اینترنتی SVC2004 استفاده کرده مقایسه خواهیم نمود. در اولین رقابت بین‌المللی تصدیق امضای پویا که با شرکت بیش از ۱۵ گروه صنعتی و دانشگاهی صورت گرفت، بهترین نتیجه EER برای جاعلین ماهر ۲/۸۴٪ بدست آمد [۱۶]. در کار پژوهشی دیگری که جایزه بهترین پژوهش دوره دکترا در زمینه فن‌آوری اطلاعات کشور اسپانیا را دریافت کرد، با استفاده از ۹ ویژگی سیگنالی مقدار خطا ۲/۷۹٪ برای جاعل ماهر بدست آمد [۱۷]. البته این گروه در تحقیق دیگری و با پایگاه اطلاعاتی شامل ۳۳۰ فرد حقیقی، با استفاده از ترکیب ویژگیهای

- [11] F. Lacquaniti, C. A. Terzuolo and P. Viviani, "The law relating kinematic and figural aspects of drawing movements," *Acta Psychologica*, Vol. 54, pp. 115-130, 1983.
- [12] R. Plamondon and M. Parizeau, "Signature verification from position, velocity and acceleration signal: A comparative study," *Proc. of 9th Int. Conference on Pattern Recognition Italy*, Vol.1, pp. 260-265, 1988.
- [13] R. Plamondon and F. J. Maarse, "An evaluation of motor models of handwriting," *IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics*, Vol. 19, No. 5, pp. 1060-1072, 1989.
- [14] I. S. N. Murthy and G. S. S. Durga Prasad, "Analysis of ECG from pole-zero model," *IEEE Trans. On Biomedical Eng.*, Vol. 39, No. 7, pp. 741-751, 1992.
- [15] B. Madhukar and I. S. N. Murthy, "ECG data compression by modeling," *Computational Biomedical Res.*, Vol. 26, pp. 310-317, 1993.
- [16] D. Yeung, H. Chang, Y. Xiong, S. George, R. Kashi, T. Matsumoto and G. Rigoll, "SVC2004 First International Signature Verification Competition," *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag; pp. 16-22. 2004.
- [17] J. Fierrez-Aguilar, *Adapted Fusion Schemes for Multimodal Biometric Authentication*; PHD Thesis, Univ. Madrid, 2006.
- [18] R. Doroz, P. Porwik, T. Para and K. Wrobel, "Dynamic Signature Recognition Based on Velocity Change of Some Features," *Int. J. Biometrics*, Vol. 1, No. 1, pp. 47-62, 2008.
- [2] A. Kholmatov, and . Yanikogla, " Identity authentication using improved online signature verification method," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 26, No. 15, pp. 2400-2408, 2005.
- [3] J. Fierrez-Aguilar, L. Nanni, J. Lopez-Penalba, J. Ortega-Garcia and D. Maltoni, "An on-line signature verification system based on fusion of local and global information," *Audio and Video Based Biometric Person Authentication, Lecture Note in Computer Science* , Springer, Berlin, pp. 523-532, 2005.
- [4] L. Nanni, "Experimental comparison of one-class classifier for online signature verification," *Neucomputing*, Vol. 69, pp. 869-873, 2006.
- [5] M. Faundez-Zanuy, "On-line signature recognition based on vq-dtw," *Pattern Recognition*, Vol. 40, No. 3, pp. 981-992, 2007.
- [6] A. Vivaracho-Pascual, M. Faundez-Zanuy and J. M. Pascual, "An efficient low cost approach for on-line signature verification based on length normalization and fractional distances," *Pattern Recognition*, Vol. 42, pp. 183-193, 2009.
- [7] L. Nanni and A. Lumini, "Advanced methods for two-class problem formulation for on-line signature verification," *Neurocomputing*, Vol. 69, pp. 854-877, 2006.
- [8] L. Nanni and A. Lumini, "A novel local on-line signature verification system," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 29, No. 5, pp. 559-568, 2008.
- [9] SVC; The First International Signature Verification Competition; <http://www.cs.ust.hk/svc2004>.

[۱۰] رشیدی سعید، فلاح علی، توحیدخواه فرزاد،
 "مختصات قطبی: فضائی جهت تقطیع الگوهای
 امضاء"، دومین کنفرانس داده کاوی ایران، دانشگاه
 صنعتی امیرکبیر، آبان ۱۳۸۷.