

به نام خدا

# یک روش کارآمد در شناسایی اثر انگشت با استفاده از شبکه های عصبی

گردآوری

حسین محمدی، امیر ابوالفضل صورتگر و مسعود دوستی

اراک خیابان قنات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، دانشکده فنی و مهندسی

## کلمات کلیدی

بیومتریک، شبکه های عصبی، پرسپترون چندلایه، پس انتشار خطا

## چکیده

در این مقاله بر خلاف سایر الگوهای کلاسیک و سنتی تشخیص اثر انگشت که بر اساس نقاط منفرد موجود در اثر انگشت مانند انتهای لبه و دو شاخه عمل می کنند، نگرشی نوین در تشخیص اثر انگشت ارائه می شود که بر اساس ویژگی رگه ها در تصاویر اثر انگشت می باشد. زیرا الگوی رگه ها در اثر انگشت بدون در نظر گرفتن نقاط منفرد برای هر شخص منحصر بفرد است و می توان از آن بمنظور شناسایی استفاده نمود. الگوریتم ارائه شده هم روی تصاویر باینری و هم روی تصاویر سطح خاکستری که با اسکن اثر انگشت بدست می آید بخوبی عمل می کند و با وجود سادگی دقت مناسبی داشته و می تواند گزینه مناسبی در اجرای سخت افزاری سیستمهای بیومتریک و کارت های هوشمند باشد.



## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیاری به‌منظور تعیین هویت افراد بر اساس برخی ویژگی‌های منحصر به فرد آنها بصورت گرفته است. یک سیستم بیومتریک اساساً یک سیستم تشخیص الگو است که یک شخص را بر اساس بردار ویژگی‌های خاص فیزیولوژی یا رفتاری باز شناسی می‌کند. سیستم‌های بیومتریک توسط انجمن ملی استاندارد و تکنولوژی آمریکا بصورت زیر تعریف می‌شوند: سیستم‌های خودکار شناسایی یک فرد بر اساس ویژگی‌های فیزیکی یا رفتاری [1]. بیومتریک فیزیکی بر اساس اطلاعات برگرفته از یک قسمت بدن مانند اثر انگشت، چهره، عنبیه و شبکیه چشم می‌باشد. در صورتی که بیومتریک رفتاری بر اساس اطلاعات برگرفته از عملیات فردی مانند راه رفتن و امضا می‌باشد [2]. امروزه به دلیل اهمیت روز افزون اطلاعات و تمایل افراد به امنیت بیشتر اطلاعات در اینترنت و شبکه، ابزارهای قدیمی مانند استفاده از کلمه عبور به تنهایی قابل اعتماد و پاسخگو نمی‌باشد، بخصوص که با ایجاد تجارت الکترونیک و خرید و فروش اینترنتی کالا و خدمات مساله امنیت نه تنها برای شرکتها و بانکها بلکه برای عموم افراد نیز اهمیت خاصی پیدا کرده است. بنابراین متخصصین امر به دنبال راه‌های مطمئن تری هستند. یکی از موفق‌ترین راه‌های یافته شده استفاده از علم بیومتریک است.

امروزه تعیین هویت بر مبنای نشانه‌ها و اطلاعات شخصی صورت می‌گیرد که در رمزهای عبور، شمارهای پرسنلی (PIN)، کارت‌های ID، کلیدها و سایر موارد مورد استفاده بکار می‌روند. بیومتریک نگرشی متفاوت از تشخیص هویت بر اساس ویژگی‌های شخصی و منحصر بفرد را ارائه می‌دهد که قابل تغییر، فراموشی، گم شدن و استفاده مشترک نمی‌باشند [3]. در این میان اثر انگشت بدلیل تغییر ناپذیری و منحصر بفرد بودن کاربرد گسترده‌ای در زمینه‌های گوناگون تشخیص هویت از قبیل جرم شناسی، کنترل دسترسی و تأیید اینترنتی یافته است.

## ۲. جزئیات اثر انگشت

اثر انگشت بعنوان الگوی برآمدگی‌ها و فرو رفتگی‌های سطح انگشت شناخته می‌شود [4]. تعیین یکسان بودن دو نمونه اثر انگشت از روی نقوش آن بسیار دشوار و مستلزم یک فرایند طولانی است و به همین دلیل شناسایی از روی برخی مشخصه‌های ثابت اثر انگشت که جزئیات (Minutae) نام دارند انجام می‌

شود. این جزئیات عبارتند از تقاطع، انتهای رگه، نقطه، جزیره، سیخ، دوشاخه، پل و رگه دماغی. این جزئیات در شکل (۱) نشان داده شده اند.



شکل ۱: جزئیات در اثر انگشت

تعیین محل و نوع جزئیات در اثر انگشت، نمایشی درست و فشرده از آن را فراهم می کند به همین دلیل در بیشتر سیستمهای خودکار تشخیص اثر انگشت (AFIS) دو نوع برجسته از نقاط ویژه بدلیل دوام و پایداری بکار می رود که عبارتند از انتهای رگه و دو شاخه [5].

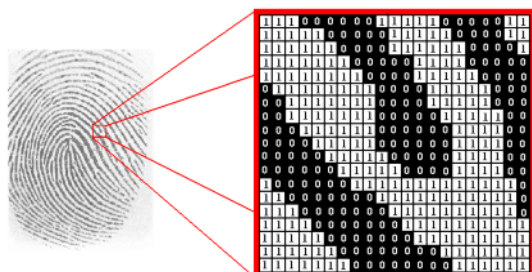
### ۳. استفاده از الگوی رگه ها در شناسایی

جزئیات یک اثر انگشت باید در مقابل بریدگی، کوفتگی، کبودی و هر گونه آسیب بدون تغییر باقی بمانند. علاوه بر این محل قرار گیری انگشت، بسته شدن بخش کوچکی از انگشت، سنسورهای بکار رفته در نمونه گیری و اعوجاج در نمونه برداری از مواردی هستند که می توانند سبب بروز خطا شوند. اما الگوی شیارها و رگه های یک اثر انگشت علاوه بر منحصر بفرد بودن تا حد زیادی نسبت به موارد یاد شده پایدار بوده و می توان از آن بمنظور شناسایی اثر انگشت بهره برد.

### ۴. تصویر اثر انگشت

اگر اثر انگشت به عنوان یک تصویر سیاه و سفید در نظر گرفته شود، می توان آن را بصورت یک سیگنال دوبعدی با دو مولفه  $(x, y)$  بصورت محورهای مکانی پیوسته بیان نمود که مقدار تصویر در هر نقطه نیز معرف روشنایی آن نقطه است و بصورت  $f(x, y)$  بیان می شود. تصویر اثر انگشت  $f(x, y)$  که بر روی مولفه های مکانی پیوسته تعریف شده است را می توان با نمونه برداری در روی محور افقی و عمودی بصورت یک تصویر گسسته  $f(m, n)$  تعریف نمود. بدین ترتیب یک اثر انگشت را می توان با یک ماتریس  $M \times N$  بیان کرد. در این ماتریس هر کدام از مولفه ها یک پیکسل از تصویر هستند. نرخ نمونه برداری تصویر نیز تعداد پیکسل ها و در واقع ابعاد ماتریس را مشخص می سازد. مقادیر روشنایی تصاویر نیز بنا بر نیاز به تعداد سطوح روشنایی  $L$  کوانتیزه می شوند که می تواند در محدوده ۰ تا ۱ و یا ۰ تا

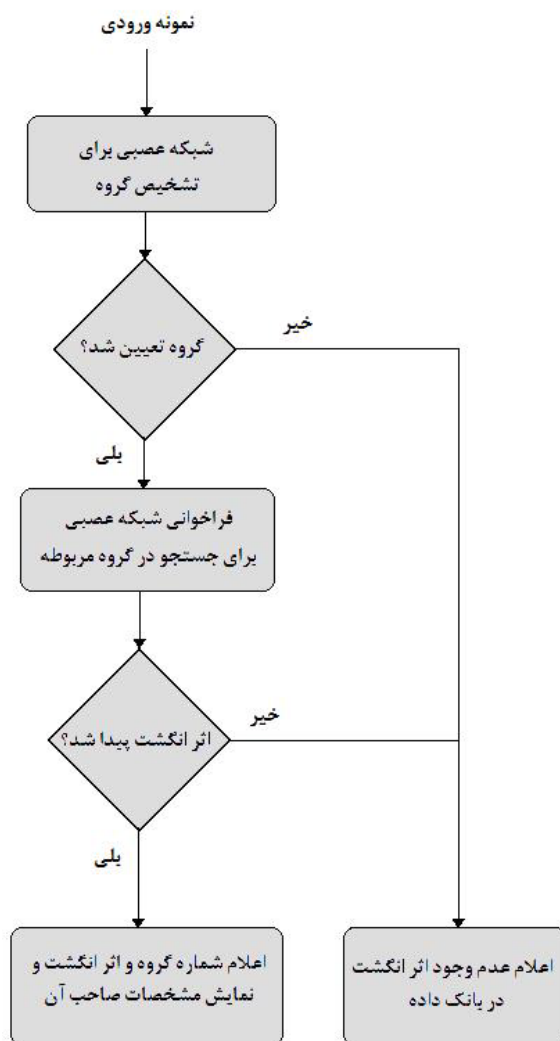
۲۵۵ قرار گیرد [6]. این در صورتی است که بخواهیم از نمونه های مقیاس خاکستری استفاده کنیم. اگر تصویر از نوع باینری باشند مقادیر روشنایی فقط می تواند ۰ یا ۱ باشد. در شکل (۲) تصویر یک اثر انگشت به همراه بخشی از تصویر باینری آن مشاهده می شود.



شکل ۲: تصویر یک اثر انگشت به همراه بخشی از تصویر باینری آن

## ۵. الگوریتم پیشنهادی

با توجه به اینکه در اثر انگشت ها الگوی رگه ها و شیارها متفاوت می باشند، ماتریس تصویر آنها با یکدیگر تفاوت دارد. بنابراین می توان با توجه به ماتریس تصویر یک اثر انگشت آن را از اثر انگشتهای مشابه تشخیص داد. در این روش بمنظور جلوگیری از مقایسه دو نمونه مغایر که امری بیهوده است اثر انگشتهای بر اساس روشهای موجود بصورت دلخواه طبقه بندی می شوند و برای تشخیص هر طبقه از یک شبکه عصبی استفاده می گردد. برای جستجو در هر گروه نیز از یک شبکه عصبی دیگر استفاده می شود. بدین شکل که ماتریس تصویر اثر انگشت را به یک بردار سطری تبدیل نموده و از آن بعنوان الگوی ورودی شبکه های عصبی استفاده می شود. با دادن نمونه های مختلف از یک اثر انگشت به شبکه های عصبی، این شبکه ها پس از آموزش قادرند بر اساس ماتریس تصویر که تغییرات آرایه های آن بر اساس الگوی رگه ها و شیارها می باشد اثر انگشت مورد نظر را با دقت بسیا بالا شناسایی کنند. در شکل (۳) فلوچارت روش پیشنهادی را مشاهده می کنید.



شکل (۳): روش پیشنهادی

## ۶. پیاده سازی

نرم افزار متلب (MATLAB) بدلیل تطبیق پذیری و قابلیت بالای خواندن اشکال گرافیکی گزینه مناسبی بمنظور پیاده سازی این پروژه می باشد. ابتدا تصویر اثر انگشت خوانده شده و ماتریس آن با ابعاد  $m \times n$  استخراج می شود. طبق استانداردهای جهانی یک اثر انگشت باید با دقت  $500 \text{ dpi}$  و  $8 \text{ bpp}$  نمونه برداری شود که یک تصویر  $512 \times 512$  را با  $256$  سطح خاکستری نتیجه می دهد. بنابراین مقادیر  $m$  و  $n$  برابر  $512$  می باشند. آرایه های این ماتریس از نوع اعداد صحیح بدون علامت  $8$  بیتی بوده و مقداری بین  $0$  تا  $255$  دارد. سپس صفحات اول و دوم ماتریس را کنار هم قرار داده و یک ماتریس دوبعدی با ابعاد  $m \times 2n$  بدست آورده و سپس این ماتریس را به یک ماتریس سطری با ابعاد  $1 \times m \times 2n$  تبدیل می کنیم. حال این

بردار را که از نوع  $unit8$  می‌باشد، به برداری با دقت مضاعف از نوع  $double$  تبدیل کرده و تمام عناصر آن را بر ۲۵۵ تقسیم نموده تا برداری با عناصر بین ۰ و ۱ بدست آید. مراحل فوق را برای تمامی اثر انگشت‌های موجود در بانک داده تکرار نموده و آنها را در یک ماتریس  $190 \times (l \times m \times 2n)$  ذخیره نموده و از آن به عنوان الگوی ورودی شبکه عصبی استفاده می‌کنیم.

## ۶-۱. انتخاب شبکه عصبی

شبکه‌ی عصبی که برای تشخیص گروه به کار می‌رود از نوع پرسپترون چند لایه بوده و دارای  $l \times m \times 2n$  ورودی، ۳۸ لایه‌ی میانی و ۱۹ خروجی می‌باشد، که هر خروجی مربوط به نام گروه مربوطه خواهد بود. به عنوان مثال اگر یک اثر انگشت از گروه ۱ به این شبکه داده شود، خروجی اول این شبکه برابر ۱ و بقیه خروجی‌ها برابر ۰ خواهند شد

$[1, -1, -1, \dots, -1]$  بدین ترتیب تمام اثر انگشت‌ها به شبکه عصبی وارد گردیده و شبکه برای تشخیص گروه آموزش می‌بیند.

برای جستجوی اثر انگشت در هر گروه نیز از یک شبکه عصبی  $MLP$  با  $l \times m \times 2n$  نرون ورودی، ۲۰ لایه میانی و ۱۰ نرون خروجی استفاده شده است. در این شبکه نیز خروجی مربوط به هر اثر انگشت برابر ۱ و بقیه خروجی‌ها ۰ خواهند بود. یعنی بعنوان مثال اگر اثر انگشت شماره ۱ از هر کدام از گروه‌ها به شبکه عصبی مربوطه داده شود بردار خروجی بصورت  $[1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1]$  خواهد بود. برای آموزش شبکه نیز از الگوریتم پس انتشار خط استفاده شده است.

## ۶-۲. آموزش شبکه‌های عصبی

وزن‌های لایه‌ی اول ماتریس را که دارای ابعاد  $(l \times m \times 2n) \times 30$  است را  $V$  و وزن‌های لایه‌ی دوم را که دارای ابعاد  $30 \times 1$  می‌باشد را  $W$  در نظر می‌گیریم.

مراحل آموزش شبکه به صورت زیر می‌باشد:

۱- مقادیر اولیه ضرایب وزنی و بایاس به صورت تصادفی می‌باشد. این وزن‌ها بین  $-0.5$  و  $0.5$  انتخاب می‌شوند. نرخ آموزش نیز  $0.1$  انتخاب می‌شود.

۲- برای هر زوج آموزشی ورودی، مراحل ۳ تا ۸ انجام می‌شود.

۳- هر الگوی آموزشی ورودی را به شبکه اعمال کرده و سیگنال حاصل به لایه بعدی (لایه پنهان) بازپخش می‌گردد.

۴- سیگنال  $net$  هر نرون  $Z$  در لایه میانی از رابطه (۱) محاسبه می‌گردد:

$$Z - in_j = V_{0j} + \sum_{i=1}^{3698} X_i \cdot V_{i,j} \quad (1)$$

سپس تابع تحریک سیگموئید یک قطبی، روی آن اعمال شده و خروجی هر نرون محاسبه می‌شود. در ادامه این سیگنال طبق رابطه‌ی (۲) به نرون لایه خروجی ارسال می‌گردد.

$$Z_j = f(Z - in_j) \quad (2)$$

۵- سیگنال  $net$  نرون خروجی، طبق رابطه‌ی (۳) محاسبه می‌گردد.

$$Y - in_l = W_{0l} + \sum_{j=1}^{30} Z_j \cdot W_{j,l} \quad (3)$$

سپس تابع سیگموئید یک قطبی روی آن اعمال شده و خروجی شبکه عصبی طبق رابطه‌ی (۴) بدست می‌آید.

$$(4)$$

$$Y_l = f(Y - in_l)$$

۶- اختلاف بین خروجی شبکه عصبی و خروجی واقعی محاسبه شده و سیگنال خطا از رابطه‌ی (۵) بدست می‌آید.

$$\delta_l = (t_l - Y_l) \times f'(Y - in_l) = \frac{(t_l - Y_l) \times Y_l \times (1 - Y_l)}{(t_l - Y_l) \times Y_l \times (1 - Y_l)} \quad (5)$$

در این رابطه  $tl$ ، خروجی قابل قبول شبکه عصبی می‌باشد که شماره گروه اثر انگشت را نشان می‌دهد. چون مشتق تابع سیگموئید یک قطبی طبق رابطه‌ی (۶) می‌باشد. سپس با توجه به روابط (۷) و (۸) اختلاف وزن‌های لایه‌ی خروجی بدست می‌آید.

$$f'(x) = f(x) \times (1 - f(x)) \quad (6)$$

$$(7)$$

$$\Delta W_{j,l} = \alpha \cdot \delta_l \cdot Z_j$$

$$(8)$$

$$\Delta W_{0,l} = \alpha \cdot \delta_l$$

۷- ورودی دلتا برای واحدهای لایه میانی طبق رابطه‌ی (۹) محاسبه می‌گردد. سپس مقدار سیگنال خطا برای هر نرون لایه میانی طبق رابطه‌ی (۱۰) محاسبه خواهد شد.

(۹)

$$\delta - in_j = \sum_{l=1}^{30} \delta_l \cdot W_{j,l}$$

$$\delta_j = \delta - in_j \cdot f'(Z - in_j) =$$

$$(10) \quad \delta - in_j \cdot Z_j \cdot (1 - Z_j)$$

۸- در ادامه اختلاف وزن لایه میانی طبق روابط (۱۱) تا (۱۴) بدست می آید.

(۱۱)

$$\Delta V_{i,j} = \alpha \cdot \delta_j \cdot X_i$$

(۱۲)

$$\Delta V_{0,j} = \alpha \cdot \delta_j$$

$$W_{j,l}(new) = W_{j,l}(old) + \Delta W_{j,l} \quad (13)$$

(۱۴)

$$V_{i,j}(new) = V_{i,j}(old) + \Delta V_{i,j}$$

در این روابط  $j=1 \dots 30$  و  $i=1 \dots 1 \times m \times 2n$  می باشد.

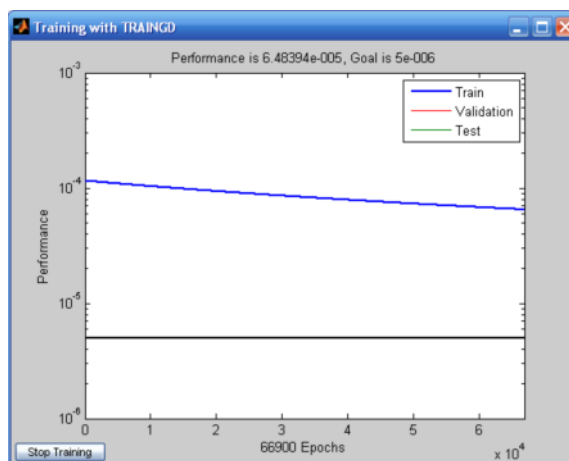
۹- بررسی شرط توقف.

## ۷. دقت

برای بررسی شاخصه دقت از ۲۸۵ نمونه استفاده گردید که ۱۹۰ تای آن همان نمونه هایی بودند که شبکه های عصبی را با آن آموزش داده بودیم. برنامه هر ۱۹۰ نمونه را بدرستی تشخیص داد. ما برخی از این نمونه ها را با استفاده از نرم افزار تغییر داده و جزئیات آن را دستکاری نموده و حتی قسمتی از آن را حذف کردیم. اما باز هم اثر انگشت تشخیص داده شد. از ۹۵ نمونه ای که شبکه عصبی با آن آموزش ندیده بود ۹۱ مورد آن بدرستی تشخیص داده شد. در نتیجه نرخ خطای این روش ۹۶٪ می باشد که بسیار مناسب است.

نرخ خطای آموزش شبکه عصبی پس از چند مرحله آموزش به ۰/۰۰۰۰۶۵ رسید. در شکل (۴) نمودار کاهش نرخ خطا را مشاهده می کنید.





شکل (۴): نمودار کاهش نرخ خطای آموزش شبکه عصبی

## ۸. نتیجه گیری

در این روش استفاده از شبکه‌های عصبی برای جستجوی ماتریس تصاویر سبب می‌گردد، حتی بدون پیش پردازش تصویر که در سایر روش‌ها باید صورت گیرد مقایسه با دقت بسیار بالا انجام پذیرد. با این روش شناسایی تصاویر نویزی، مخدوش و حتی تصاویر ناقص و تکه شده که در سایر روشها امکان پذیر نیست بسادگی انجام شود

مراجع

- [1] <http://www.nist.gov/srd/biomet.htm>
- [2] The Biometric Consortium (2002), <http://www.biometrics.org/>
- [3] A.K.Jain, et al., "Biometrics: Promissing frontiers for emerging identification market" , computer, vol. 33, no. 2, february 2000.
- [4] D. Simon-Zorita, J. Ortega-Garsia, S. Cruz-Lanas and J. Gonzalez-Rodriguez, "Minutae extractin scheme for fingerprint recognition systems" , Image Processing, 2001 International Conference on , Volume: 3 , oct. 2001
- [5] Marco Gamassi, Vincenzo Piuri, Daniele Sana, Fabio Scotti, "Robust fingerprint detection for access control". In Worshop RoboCare, 2005
- [6] Farah Torkamani-Azar, "An Introduction on Digital Image , volume: 1 , 2004