

## شناسایی اثرانگشت حاصل از تصاویر اسکن شده با استفاده از آنالیز اجزای اصلی و شبکه‌های عصبی

زهرة بامداد

دانشجوی کارشناسی کامپیوتر دانشگاه آزاد  
اسلامی واحد نجف آباد  
Zohre.bamdad@yahoo.com

محمود عالیان

فارغ التحصیل دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد نجف آباد  
Mahmoodalian.1@gmail.com

علیرضا نیکیان

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد نجف آباد  
nikian@pco.iaun.ac.ir

**چکیده:** در این مقاله روشی برای شناسایی اشخاص با استفاده از تصویر اسکن شده اثرانگشت ارائه شده است. اثرانگشت با توجه به مقبولیت و عام بودن و همچنین مورد استفاده بودن از دیرباز، نقش مهمی در زمینه تشخیص هویت ایفا می‌کند. روش ارائه شده در این مقاله با استفاده از اصلاح زاویه اثرانگشت و به دست آوردن مستطیل محیطی اثرانگشت، تا حد زیادی مستقل از مقیاس و دوران تصویر باشد. همچنین با استفاده از شبکه‌های عصبی نقاط انشعاب موجود در اثرانگشت، که باعث تمایز اثرانگشت برای افراد مختلف می‌شود به دست آورده می‌شود. در نهایت تصویر حاصل با استفاده از آنالیز اجزای اصلی کاهش ابعاد می‌یابد و در نهایت با استفاده از شبکه‌های عصبی شناسایی انجام می‌شود. روش ارائه شده برای مجموعه تصاویر تهیه شده با دقت ۹۴٫۳۵٪ قادر به شناسایی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آنالیز اجزای اصلی (PCA)، شبکه‌های عصبی

### ۱- مقدمه

تحقیقات انجام شده در زمینه اثرانگشت و سازماندهی آن توسط مارچلومالپیگی در سال 1686 میلادی بوده است. مالپیگی استاد کالبدشناسی در ایتالیا، خطوط برجسته نوک انگشتان انسان را در زیر میکروسکوپ مورد مطالعه قرار داد. او متوجه شد که این خطوط برجسته با طرح‌هایی حلقوی و مارپیچی مرتب شده‌اند. نخستین بار از انگشت برای شناسایی زندانیان، رسماً در سال 1858 در اروپا استفاده کردند.

تا کنون مطالعات زیادی در مورد شناسایی اثرانگشت توسط محققین انجام شده است. از جمله می‌توان به روش Henry و Galeton اشاره کرد. اولین دسته‌بندی اثرانگشت در سه کلاس و به وسیله Galeton صورت گرفته است که شامل کمانی، حلقه ای و گردایی بوده است. به دلیل کم بودن تعداد کلاس‌ها این روش نقض شد. سپس Henry تعداد کلاس‌ها را به ۵ افزایش داده است که شامل کمانی، کمانی‌خیمه ای، حلقه‌ای راست، حلقه‌ای چپ و گردایی می‌باشد. در اکثر مقالات اثرانگشت بیشترین توجه در خصوص دسته‌بندی، توجه به تصویر جهتی شده است. مساله عمده در روش‌های مبتنی بر دسته‌بندی Henry و Galeton کم بودن تعداد کلاس‌ها غیر یکنواخت بودن توزیع تصاویر اثرانگشت در کلاس‌های مختلف می‌باشد.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی سیستم‌های خودکار متعددی ارائه شده است که از حصول تصویر تا کلاسه بندی و شناسایی را به صورت خودکار انجام می‌دهند [1]. با این وجود برای مجموعه تصاویری که در گذشته بدست آمده نیاز به سیستم‌هایی که تصویر اثر انگشت را به صورت اسکن کاغذ مورد استفاده قرار می‌دهند به چشم می‌خورد.

روش‌های متعددی برای شناسایی اثر انگشت تا کنون معرفی شده است. در این میان روش‌هایی که از تبدیلات استفاده نموده‌اند بسیار پر کاربرد هستند در میان می‌توان به تبدیل گابور اشاره نمود استفاده از تبدیل گابور و بررسی تصویر در حوزه جدید همانند بسیاری از دیگر بیومتریک‌ها نظیر کف دست مورد استقبال قرار گرفته است [2]. استفاده از فیلتر گابور تا حد زیادی مشکل دوران را حل می‌نماید و دقت بالایی را فراهم می‌کند. استفاده از دیگر حوزه تبدیلات معروف نیز در این زمینه از جمله تبدیل فوریه و گابور نیز بررسی شده است. در این میان می‌توان به استفاده از تبدیل موجک دوبعدی و شناسایی و کلاسه بندی تصاویر به وسیله نزدیکترین همسایه KNN (K-Nearest-Neighbor) اشاره نمود [3]. تبدیل فوریه از دیگر تبدیلات مورد استفاده می‌باشد. استفاده از تبدیل فوریه و آنالیز اجزای اصلی باعث شده است تا ابعاد مسئله ۹۴٪ کاهش یافته و به دقت مناسب بالای ۹۰٪ دست یابد [4]. همچنین ترکیب تبدیل فوریه وزن دار و نقاط ویژه هریس روش مناسبی است که به دقت بالایی دست یافته است و تا حدودی اثر مقیاس بندی را از بین می‌برد [5]. استفاده از تبدیلات و انتقال تصویر از حوزه مکانی به سایر فضاها اگر چه

دقت بالایی را فراهم نموده اما به بافت تصویر و حصول تصویر با وضوح مناسب بسیار وابسته می‌باشد از بین رفتن تپه‌ها و دره‌ها در اثر انگشت این روش‌ها را به چالش می‌کشد.

دسته دیگری از روش‌ها در تصویر به دنبال نقاط ویژه هستند که با به دست آوردن این نقاط قادر به شناسایی باشند. در این میان استفاده از نقاط انشعاب‌های دره‌ها و تپه‌ها را نام برد [6]. بسیاری از روش‌هایی که از تصویر در حوزه مکانی استفاده می‌کنند از روش‌های استخراج ویژگی و کاهش ابعاد سود می‌برند. که ورودی این الگوریتم‌ها می‌تواند تصویر اثر انگشت باشد یا تصویری که مورد پردازش قرار گرفته و نقاط انشعاب‌ها در آن به دست آمده است. به عنوان نمونه می‌توان از ICA و PCA نام برد که استفاده از ICA جهت استخراج ویژگی به همراه استفاده از SVD را می‌توان به عنوان نمونه نام برد [7]. در استفاده از روش‌هایی که از تصاویر و یا نقاط انشعاب در آن استفاده می‌کنند مقیاس‌بندی و زاویه اثر انگشت می‌تواند چالش ایجاد کند در ادامه سعی می‌شود روشی ارائه شود که برای تصاویر با مقیاس‌های متفاوت و زوایای گوناگون اثر انگشت و همچنین شدت رنگ‌های مختلف با دقت بالایی شناسایی را انجام دهد.

## ۲- الگوریتم پیشنهادی

در ادامه مقاله به توضیح تکنیک‌های مورد استفاده در الگوریتم پیشنهادی و به همراه بررسی جزئیات مورد استفاده در هر تکنیک پرداخته می‌شود.

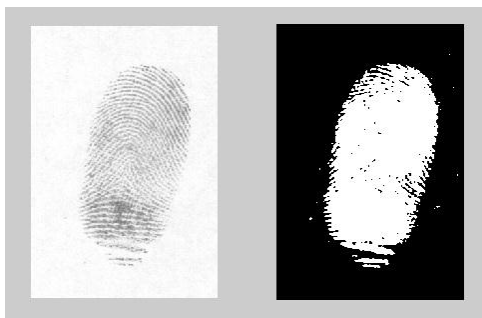
### ۲-۱- پیش‌پردازش و اصلاح تصویر

پیش‌پردازش تصویر بخشی است که در بیشتر راهکارهای ارائه شده مورد استفاده قرار می‌گیرد تا باعث بهبود عملکرد سیستم شود. در این راهکار تصویر ورودی ابتدا از تصویر رنگی به تصویر سطوح خاکستری تبدیل می‌شود در ادامه برای حذف ناحیه‌های کوچک اضافی در اطراف اثر انگشت و همچنین حذف نویزها که در تصاویر ثبت شده و روی کاغذ فراوان یافت می‌شود از فیلتر میانه استفاده می‌شود. پس از اعمال فیلتر میانه تصویر باید به تصویر دو سطحی سیاه و سفید تبدیل شود.



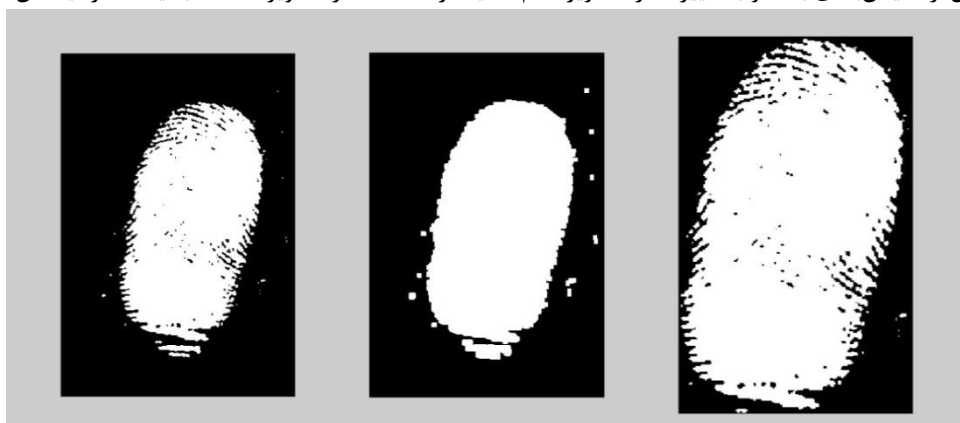
شکل ۱: تبدیل به تصویر سطوح خاکستری و اعمال فیلتر میانه

برای تبدیل تصویر از تصویر سطوح خاکستری به تصویر باینری سیاه و سفید از آستانه‌گیری استفاده می‌شود. چالشی که در آستانه‌گیری وجود دارد انتخاب سطح آستانه مناسب می‌باشد. تصاویر به دست آمده بر اساس میزان آغشته بودن انگشت به جوهر و میزان فشار انگشت بر کاغذ، دارای سطوح شدت‌های متفاوتی در تصویر سطوح خاکستری هستند که این مسئله باعث می‌شود تا نتوان یک سطح آستانه ثابت برای تمام تصاویر در نظر گرفت. برای این منظور یک سطح آستانه بسیار کم تعریف شده و تا رسیدن نسبت پیکسل‌های روشن تصویر به حد مناسب، میزان آستانه افزایش می‌یابد.



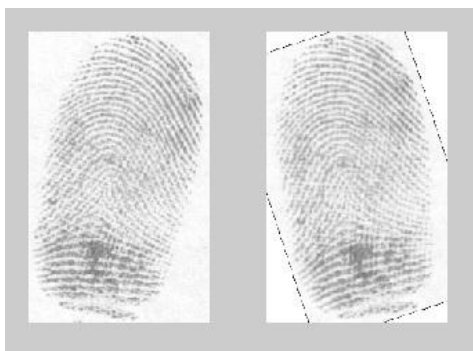
شکل ۲: تبدیل تصویر به تصویر باینری با آستانه‌گیری

مستطیل محیطی اثر انگشت برای حذف ناحیه اضافی اطراف تصویر، به دست آورده می‌شود. برای به دست آوردن مستطیل محیطی اثر انگشت، ابتدا با استفاده از یک عنصر ساختمانی مربعی شکل، مورفولوژی گسترش روی تصویر اعمال می‌شود این عملیات باعث می‌شود که محدوده اثر انگشت تبدیل به یک جزء همبند شود و می‌توان مستطیل محیطی این ناحیه را به دست آورد. به دست آوردن مستطیل محیطی، باعث می‌شود تا راهکار تا حد زیادی مستقل از مقیاس‌بندی باشد و با تغییر اندازه تصویر تمام ناحیه اثر انگشت‌ها در تصاویر مختلف به یک اندازه یکسان تبدیل شود.



شکل ۳: شکل سمت چپ تصویر آستانه‌گیری شده، شکل میانی اعمال مورفولوژی و شکل راست استخراج مستطیل محیطی

پس از به دست آوردن ناحیه دقیق اثر انگشت با مستطیل محیطی، زاویه اثر انگشت به دست می‌آید تا با دوران مناسب، اصلاح شود. برای به دست آوردن زاویه اثر انگشت به این صورت عمل می‌شود که در هر سطر تصویر میانه پیکسل‌های روشن تصویر به دست می‌آید با استفاده از این مقادیر میانه یک خط عمودی به دست می‌آید که زاویه این خط بسیار نزدیک به زاویه اثر انگشت می‌باشد. با به دست آوردن زاویه این خط می‌توان میزان دوران صحیح تصویر را به دست آورد. این کار باعث می‌شود تا تصویر بسیار مناسب بدون داشتن زاویه ای که شناسایی را دچار مشکل کند به دست آید.



شکل ۴: اصلاح زاویه اثر انگشت، سمت چپ تصویر ورودی، سمت راست تصویر دوران یافته

تصویر به دست آمده تا به اینجا، تصویر با ابعاد مناسب بدون حاشیه زائد و نویز می‌باشد. دیگر چالشی که وجود دارد انحنای موجود در انگشت می‌باشد این امر باعث می‌شود تا تصویر در مرکز اثر انگشت بسیار پر رنگ تر از اطراف آن باشد و خطوط موجود در مرکز اثر انگشت که

بیشترین اثر در شناسایی اثر انگشت را دارد از بین برود. برای رفع این چالش از آستانه گیری محلی استفاده می شود بدین ترتیب که مستطیل محیطی از تصویر سطوح خاکستری استخراج شده و دوران مورد نظر اعمال می شود. سپس در ناحیه استخراج شده آستانه گیری نظیر آنچه بیان شد. این بار به صورت محلی انجام می شود. برای این منظور تصویر را به ۹ قسمت که حاصل از  $3 \times 3$  نمودن تصویر است، تقسیم شده و آستانه گیری را انجام می شود.



شکل ۵: آستانه گیری مجدد و تغییر اندازه تصویر

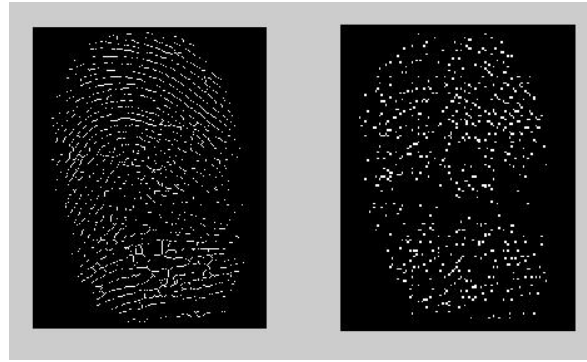
در آخرین قسمت از پیش پردازش تصویر، عملیات مورفولوژی نازک سازی (thinning) روی تصویری که از آستانه گیری محلی به دست آمده اعمال می شود تا ضخامت خطوط موجود در اثر انگشت به یک پیکسل تبدیل شود.



شکل ۶: اعمال مورفولوژی نازک سازی تصویر

## ۲-۲- به دست آوردن انشعابها با شبکه عصبی

هر اثر انگشت از درهها (فرو رفتگی) و تپهها (برآمدگی) تشکیل شده است که موقعیت و شکل این خطوط باعث تمایز اثر انگشت افراد مختلف می شود. از ویژگیهای منحصر بفردی که باعث شناسایی اثر انگشت می شود، موقعیت انشعابهای تپهها در اثر انگشت می باشد. در این راهکار برای به دست آوردن این انشعابها از اثر شبکه عصبی استفاده می شود بدین صورت که تصویر را به صورت بلوکهای  $3 \times 3$  در آورده و هر بلوک به صورت یک بردار به شبکه عصبی داده می شود و شبکه عصبی تشخیص می دهد که آیا این بلوک شامل انشعاب می باشد یا خیر. شبکه عصبی مورد استفاده در این قسمت یک شبکه عصبی از نوع پرسپترون چند لایه یا MLP (Multi Layer Perceptron) می باشد. این شبکه دارای ۲ لایه مخفی می باشد که لایه مخفی اول دارای ۲۰ نرون و لایه مخفی دوم دارای ۱۰ نرون مخفی می باشد. تابع فعالیت نرونهای مخفی سیگموئید دوقطبی و برای لایه خروجی تابع همانی در نظر گرفته شده است.



شکل ۷: سمت چپ تصویر ورودی، سمت راست تصویر خروجی شبکه عصبی

همانطور که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود میانگین مربعات خطا برای مجموعه داده‌های آموزشی بسیار مناسب می‌باشد ولی برای مجموعه‌های تست به خوبی مجموعه آموزشی پاسخگو نمی‌باشد و این امر حاکی از این امر می‌باشد که شبکه سعی در به خاطر سپاری داده‌ها دارد. با این وجود با توجه به محدود بودن حالات موجود در بلوک‌های  $3 \times 3$  این امر الگوریتم را دچار مشکل نمی‌نماید.

### ۲-۳- آنالیز اجزای اصلی یا PCA

ماتریس تصویر اثرانگشت را که در آن با استفاده از شبکه عصبی نقاط انشعاب به دست آمده را می‌توان به صورت برداری نمایش داد که دارای ابعاد بالایی می‌باشد از این رو سعی می‌شود تا با به دست آوردن ویژگی‌های تصویر اثرانگشت مسئله را به ابعاد کمتری کاهش دهند. آنالیز اجزای اصلی یا (Principal Component Analysis) PCA از روش‌های پرکاربرد در زمینه کاهش ابعاد مسئله می‌باشد. با استفاده از روش آنالیز اجزای اصلی می‌توان با کاهشی قابل ملاحظه در ابعاد مسئله، تا حد زیادی اطلاعات مهم ماتریس که در اینجا همان تصویر اثرانگشت می‌باشد را حفظ نمود در این روش ابتدا هر تصویر به صورت یک بردار درمی‌آید.

$$x_i = [p_1 \dots p_n]^T, \quad i = 1, \dots, M \quad (1)$$

که  $x_i$  بردار مربوط به هر یک از تصاویر می‌باشد. سپس بردار میانگین برای همه تصاویر محاسبه می‌شود.

$$m = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i \quad (2)$$

که  $m$  تصویر میانگین می‌باشد حال اختلاف هر تصویر با تصویر میانگین را به دست می‌آوریم.

$$w_i = x_i - m \quad (3)$$

و  $w_i$  را به عنوان فاصله هر تصویر از تصویر میانگین تعریف می‌کنیم سپس مقادیر ویژه را از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم.

$$\lambda_i = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (e_i^T w_n)^2 \quad (4)$$

هدف به دست آوردن  $e_i$ ها به نحوی می‌باشد که دارای بیشترین مقدار باشند.  $e_i$  مقادیر ویژه و  $\lambda_i$  بردارهای ویژه ماتریس کواریانس  $C$  به ازاء هر ورودی می‌باشد.

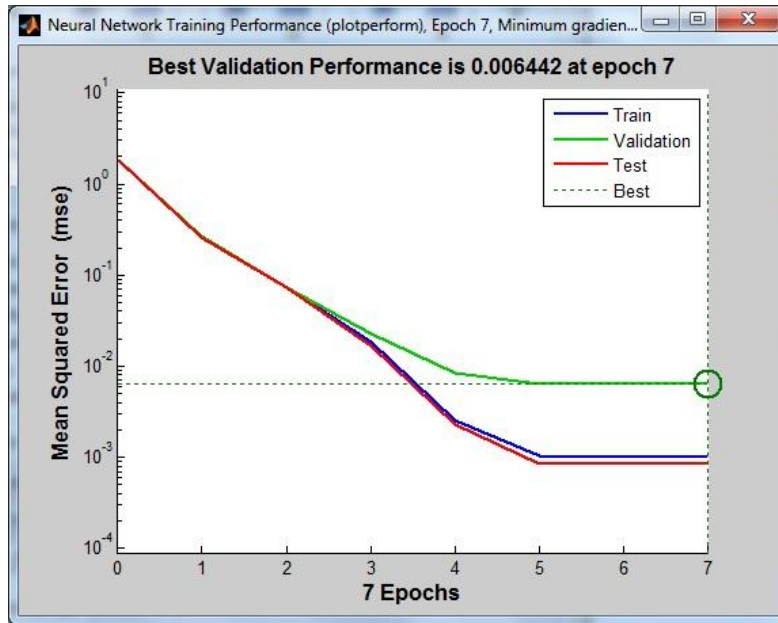
$$C = WW^T \quad (5)$$

ماتریس بردارهای ویژه به عنوان مقادیر ورودی شبکه عصبی در نظر گرفته می‌شوند. در این راهکار با انتخاب ۶۰ مقدار ویژه و بردارهای نظیرشان، اطلاعات ماتریس تصویر بیش از ۹۹٫۹٪ حفظ می‌شود و ورودی‌های شبکه عصبی شامل ۶۰ ویژگی می‌شوند.

### ۲-۴- شبکه‌های عصبی جهت طبقه‌بندی تصاویر

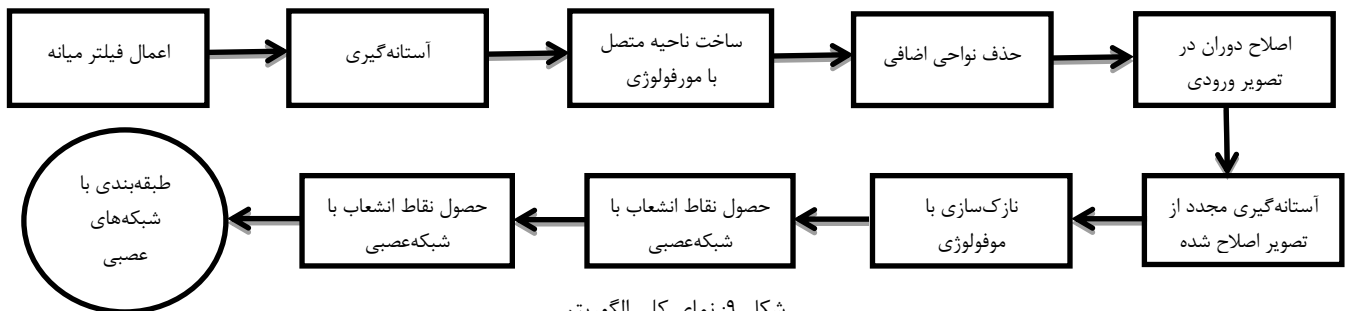
شبکه‌های پرسپترون چندلایه از جمله قدرتمندترین تکنیک‌ها برای طبقه‌بندی اطلاعات می‌باشد. پارامترهای متعددی در آموزش شبکه‌های پرسپترون چندلایه موثر هستند که از این جمله می‌توان به تعداد لایه‌های مخفی و تعداد نرون‌ها در هر لایه مخفی و الگوریتم آموزشی می‌باشد. در انتخاب معماری شبکه‌های عصبی سعی در انتخاب ساده‌ترین معماری که قادر به حل مسئله است می‌کنیم. انتخاب مدل ساده علاوه بر افزایش سرعت الگوریتم باعث کاهش قابلیت به خاطر سپاری می‌شود و این امر باعث می‌شود تا شبکه عصبی، ورودی‌های آموزشی را یاد گرفته و قابلیت تعمیم برای نمونه‌های جدید را داشته باشد. از سوی دیگر انتخاب بیش از حد ساده معماری باعث می‌شود تا شبکه عصبی قابلیت طبقه‌بندی اطلاعات را نداشته باشد.

دیگر نکته مهم در آموزش شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه انتخاب الگوریتم آموزشی مناسب می‌باشد. همچنین می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی وزن‌های به‌دست‌آمده را بهینه نمود. شبکه عصبی مورد استفاده در این قسمت یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با دولایه مخفی می‌باشد که لایه مخفی اول دارای ۷۵ نرون مخفی و لایه مخفی دوم دارای ۶۰ نرون می‌باشد. تابع فعالیت نرون‌های لایه‌های مخفی سیگموئید دوقطبی و برای لایه خروجی تابع همانی در نظر گرفته شده‌است. تعداد نرون‌های لایه ورودی بر اساس خروجی الگوریتم آنالیز اجزای اصلی برابر ۶۰ نرون می‌باشد و تعداد نرون‌های لایه خروجی بر اساس تعداد کلاس‌ها که همان تعداد افرادی می‌باشد که تصویر اثر انگشت آنها تهیه شده‌است برابر ۴۶ نرون می‌باشد. الگوریتم مورد استفاده برای آموزش شبکه عصبی الگوریتم لونیگ-مارکواردت (Levenberg-Marquardt) می‌باشد که اگرچه زمان‌بر است و نیاز به حافظه زیادی دارد با این وجود به دلیل دقت بالا و همچنین تنها یکبار آموزش شبکه از این روش استفاده شده‌است و برای تست کردن و بررسی نمونه‌های جدید نیازی به استفاده از این الگوریتم زمان‌بر نمی‌باشد.



شکل ۸: نمودار شاخص کارایی شبکه عصبی بر حسب (MSE)

شکل ۸ نمودار شاخص کارایی را برای شبکه عصبی نمایش می‌دهد. شاخص کارایی شبکه بر اساس میانگین مربعات خطا (MSE) محاسبه شده‌است. همانطور که در شکل ملاحظه می‌شود شبکه برای داده‌های غیر از داده‌های آموزشی به شاخص کارایی حدود ۰.۰۰۶ دست یافته‌است که برای این مجموعه تصاویر دقت بالایی می‌باشد اگر چه شاخص کارایی برای نمونه‌های آموزشی چنانچه در شکل ملاحظه می‌شود به دقت بسیار بهتری دست یافته‌است. دقت شبکه عصبی برای نمونه‌های تست نشان می‌دهد که شبکه آموزش خوب و قابل قبولی داشته و آموزش باعث به خاطر سپاری نمونه‌های آموزشی نشده‌است. در شکل ۹ نمای کلی الگوریتم ارائه شده‌است.



شکل ۹: نمای کلی الگوریتم

### ۳- نتایج پیاده‌سازی

الگوریتم پیشنهادی، برای بررسی رفع چالش‌های بیان شده نیاز به مجموعه تصاویری داشت که این چالش‌ها را در بر داشته‌باشد. از این رو اقدام به تهیه مجموعه تصاویر اثر انگشت نموده که این مجموعه، مشخصه‌هایی که در ادامه بیان می‌شود را در بردارد. شدت رنگ اثر انگشت در تصاویر

متفاوت است که این تفاوت ناشی از تفاوت میزان فشار انگشت بر روی کاغذ و همچنین میزان آغشته بودن انگشت به جوهر می باشد همچنین تصاویر دارای ابعاد گوناگون می باشند که بتوان مستقل از مقیاس بندی بودن راهکار را بررسی نمود. همچنین اثر انگشت های تهیه شده دارای زوایای گوناگونی می باشند چرا که معمولا در اثر انگشت های ثبت شده و در مجموعه های متفاوت، بسیاری از افراد انگشت خود را به صورت زاویه دار روی کاغذ قرار می دهند. شکل ۹ نمونه ای از تصاویر تهیه شده را نشان می دهد.



شکل ۱۰: نمونه از تصاویر موجود در مجموعه تصاویر تهیه شده

تصاویر تهیه شده شامل ۲۳۰ تصویر می باشد که این تصویر مربوط به اثر انگشت ۴۶ شخص می باشد که به ازاء هر نفر ۵ نمونه اثر انگشت تهیه شده است. از میان این ۲۳۰ تصویر ۲۰٪ به عنوان مجموعه تست که شامل ۴۶ تصویر که به ازاء هر نفر یک تصویر، در نظر گرفته شده است و سایر تصاویر که ۸۰٪ مجموعه تصاویر می باشند به عنوان مجموعه آموزشی در نظر گرفته شده اند در جدول یک نتایج الگوریتم پیشنهادی ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج الگوریتم پیشنهادی برای مجموعه تصاویر تهیه شده

نام مجموعه تصاویر	تعداد تصویر	تعداد تصاویر خطا	درصد پاسخگویی صحیح
مجموعه تصاویر آموزشی	۱۸۴	۹	٪۹۵،۱۱
مجموعه تصاویر تست	۴۶	۴	٪۹۱،۳۱
کل مجموعه تصاویر	۲۳۰	۱۳	٪۹۴،۳۵

نتایج ارائه شده در جدول ۱ حاکی از آن است که الگوریتم ارائه شده با دقت مناسبی برای هر دو مجموعه آموزشی و تست پاسخگو می باشد چرا که در برخی از تصاویر به علت جوهر و یا فشار زیاد دیگر تپه ها و دره ها در اثر انگشت قابل تمایز نمی باشند. همچنین افزایش نمونه های مجموعه تصاویر می تواند در بهبود نتایج ارائه شده تاثیر مثبتی ایفا کند چرا که تعداد نمونه های آموزشی شبکه عصبی مورد استفاده افزایش می یابد.

#### ۴- نتیجه گیری

در این مقاله سعی شده تا راهکار مناسبی برای شناسایی افراد با استفاده از اثر انگشت ارائه شود. شناسایی با استفاده از اثر انگشت قدمت زیادی در مقایسه با بسیاری دیگر از بیومتریک ها دارد و در گذشته به دلیل عدم دسترسی به تکنولوژی های امروزی تصاویر بر روی کاغذ ثبت می گشتند. الگوریتم ارائه شده سعی دارد تا با استفاده از اسکن تصاویر ثبت شده بر روی کاغذ به شناسایی شخص صاحب اثر انگشت بپردازد. نطقه قوت این الگوریتم تکنیک های پردازش تصویر می باشد که در قسمت پیش پردازش بر روی تصویر اعمال شده اند که با آستانه گیری پویا از تصویر مشکل شدت رنگ های مختلف مرتفع شده است و همچنین با استفاده از اصلاح دوران تصویر و به دست آوردن مستطیل محیطی اثر انگشت، چالش های دوران تصویر و مقیاس بندی تا حد زیادی مرتفع گشته است. همچنین استفاده از شبکه عصبی باعث شده است تا با دقت و سرعت بالایی اثر نقاط انشعاب اثر انگشت به دست آید. در ادامه برای شناسایی هویت فرد که یک مسئله طبقه بندی می باشد از شبکه های عصبی استفاده شده است و برای بهبود عملکرد و پیچیدگی شبکه عصبی و همچنین افزایش سرعت از تکنیک آنالیز اجزای اصلی برای کاهش ابعاد ورودی شبکه عصبی استفاده شده است. اگر چه می توان با تنک بودن (sparse) تصویر انشعاب ها از تکنیک های ماتریس تنک (sparse matrix) در این بخش استفاده نمود. در

نهایت الگوریتم پیشنهادی برای مجموعه تصاویری که تهیه شده و شامل مقیاس بندی، دوران و تفاوت شدت رنگ می باشد به دقت ۹۴٫۳۵٪ دست یافته است.

## مراجع

- [1] [Cappelli R. Ferrara M. ; Maltoni D. ; Turrone F.](#) " Fingerprint Verification ", [International Joint Conference on Biometrics \(IJCB\)](#), 2011.
- [2] Zhang B, Shan SH " Histogram of Gabor Phase Patterns (HGPP): A Novel Object Representation Approach for Face Recognition" *IEEE Transactions On Image Processing*, VOL. 16, NO. 1, 2007.
- [3] Shen L. Kot A. , " A New Wavelet Domain Feature for Fingerprint Recognition", *Biomedical Soft Computing and Human Sciences*, Vol.14, No.1, pp.55-59 ,2009.
- [4] HaiyunXuR.Veldhuis, R.N.J. ;Kevenaar, T.A.M. ; Akkermans, T.A.H.M. "A Fast Minutiae-Based Fingerprint Recognition System", *Systems Journal, IEEE*,2009.
- [5] Xunqiang Tao.Xin Yang ; Kai Cao ; Ruifang Wang ; Peng Li ; JieTian" Estimation of Fingerprint Orientation Field by Weighted 2D Fourier Expansion Model" *20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2010 .
- [6] Young Ho Park.Dat Nguyen Tien .Hyeon Chang Lee. Kang Ryoung Park. EuiChul Lee. Sung Min Kim. Ho Chul Kim. , "A Multimodal Biometric Recognition of Touched Fingerprint and Finger-Vein" *International Conference on Multimedia and Signal Processing (CMSP)*, 2011.
- [7] Xiaoyong Wang. Xiaojun Jing. Xifu Zhu. Songlin Sun.Linbi Hong. , "A Novel Approach Of Fingerprint Recognition Based On MultilinearICA" *IC-NIDC 2009. IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content*, 2009.