

## طبقه بندی تصاویر اثر انگشت با مشخصه های مستخرج از جهت محلی رگه ها

حسین پورقاسم و حسن قاسمیان

تهران- دانشگاه تربیت مدرس، بخش مهندسی برق و کامپیوتر، ص پ ۱۱۱-۱۴۱۱۵

[ghassemi@modares.ac.ir](mailto:ghassemi@modares.ac.ir)

چکیده- اثر انگشت یکی از مهمترین معیارهایی است که برای شناسایی و تأیید هویت افراد بکار می رود. در سالهای اخیر با افزایش تعداد افراد جوامع و گسترش بانکهای اطلاعاتی مربوط به اثر انگشت، خودکارسازی عمل شناسایی غیر قابل اجتناب گردیده است. در این راستا طبقه بندی یک مجموعه بزرگ از تصاویر اثر انگشت به چند زیرکلاس، زمان جستجو و شناسایی یک تصویر ناشناخته در آن مجموعه را کاهش می دهد. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم آشکارساز خط جهت محلی رگه های تصویر اثر انگشت استخراج می گردد و به دنبال آن به کمک یک موزائیک بندی خاص ویژگیهایی که حاوی اطلاعات با ارزشی از جهت و تراکم رگه ها است، استخراج می گردد. ویژگیهای مستخرج با شبکه عصبی احتمالی طبقه بندی می شود. الگوریتم پیشنهادی به دلیل هزینه محاسباتی و زمانی یائین و همچنین صحت طبقه بندی قابل توجهی که فراهم کرده است، نسبت به الگوریتم های رایج بسیار به صرفه تر است. این الگوریتم تصاویر را با صحت ۹۲/۹٪ با ۲٪ ردی در ۶ کلاس طبقه بندی می کند.

کلید واژه: اثر انگشت، طبقه بندی، استخراج ویژگی، شبکه عصبی احتمالی.

### ۱- مقدمه

(based, ۲- طبقه بندی بر اساس ساختار (structure-based)

، ۳- طبقه بندی نحوی (syntactic)، ۴- طبقه بندی ترکیبی. در روش طبقه بندی براساس مدل، نقاط منفرد در تصویر شناسایی می شود و براساس تعداد نقاط منفرد و موقعیت آنها نسبت به یکدیگر طبقه بندی انجام می گیرد [۲]. در طبقه بندی براساس ساختار از جهت محلی رگه ها در تصویر اثر انگشت برای کلاس بندی تصاویر استفاده می شود [۳-۵]. در طبقه بندی نحوی از یک گرامر جهت جایگزینی تصویر اثر انگشت و به دنبال آن طبقه بندی آنها استفاده می شود [۶-۷]. در روشهای ترکیبی طبقه بندی، از ترکیب دو روش از روشهای ذکر شده به عنوان معیار طبقه بندی استفاده می شود [۸-۱۰].

در این مقاله یک روش جدید برای استخراج ویژگی مبتنی بر جهت رگه ها در تصویر اثر انگشت ارائه می شود، و به دنبال آن به کمک یک طبقه بندی کننده شبکه عصبی احتمالی تصاویر اثر انگشت طبقه بندی می گردد. در این روش نیازی به شناسایی نقاط منفرد و همچنین تعیین محلی رگه های تصویر وجود ندارد. مراحل طبقه بندی تصاویر با الگوریتم پیشنهادی را می توان در ۴ بخش زیر

با توجه به کاربردهای شناسایی و تشخیص هویت افراد محققین بسیاری به دنبال روشهایی با دقت بالا و کم هزینه جهت رسیدن به این هدف بوده اند. در این میان اثر انگشت به علت دارا بودن ویژگیهایی همچون تغییر ناپذیری، منحصر بفرد بودن، قابلیت طبقه بندی و غیر تهاجمی بودن، جایگاه ویژه ای دارد. در یک سیستم خودکار شناسایی افراد که بر اساس اثر انگشت کار می کند، لازم است که تصویر اثر انگشت ورودی با تک تک تصاویر موجود در مجموعه تصاویر تطابق داده شود. با توجه به اینکه معمولاً تعداد این تصاویر خیلی زیاد است زمان جستجو و شناسایی تصویر ورودی به طور قابل ملاحظه ای بالا می رود. در این راستا برای کاهش زمان جستجو، طبقه بندی تصاویر اثر انگشت در کلاسهای مختلف ضروری به نظر می رسد. واضح است که هر چه تصاویر در کلاسهای بیشتری طبقه بندی گردند، زمان جستجو و تطابق به مراتب کاهش می یابد [۱].

روشهای مختلفی برای طبقه بندی خودکار تصاویر اثر انگشت وجود دارد. این روشها را می توان در ۴ دسته کلی تقسیم بندی کرد: ۱- طبقه بندی بر اساس مدل (model-

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \\ \text{-ب-} & \text{-الف-} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \\ \text{-د-} & \text{-ج-} \end{matrix}$$

شکل ۱- ماسک لبه در ۴ جهت را نشان می دهد. الف- ماسک در جهت

$$\text{صفر درجه، ب- } 90 \text{ درجه، ج- } \frac{5\pi}{8} \text{ درجه، د- } \frac{6\pi}{8} \text{ درجه.}$$

$$B(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } I(i, j) > T \\ 0 & \text{if } I(i, j) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

در رابطه بالا  $I(i, j)$  مقدار شدت پیکسل در تصویر اصلی است. مقدار آستانه در اینجا به این صورت تعیین می شود که هیستوگرام تصویر خاکستری اثر انگشت رسم می شود.

سپس ۲ تا از بزرگترین پیکها در هیستوگرام یکی در محدوده سطح خاکستری [۱۲۷-۰] و دیگری در محدوده [۲۵۵-۱۲۸] انتخاب می شوند. در انتها میانگین این دو سطح خاکستری، آستانه تصمصیم گیر را مشخص می کند [۶].

## ۲-۲- الگوریتم آشکار ساز خط

الگوریتم آشکار ساز خط بر روی تصویر باینری  $I(i, j)$  اعمال می شود و دو آرایه به نامهای  $S(i, j, k)$  و  $L(i, j, k)$  را تولید می کند.  $S(i, j, k)$  شدت رگه و  $L(i, j, k)$  شدت خط در جهت  $k$  و در پیکسل  $(i, j)$  است. در ابتدا ماتریس  $S(i, j, k)$  با استفاده از ماسکهای لبه جهت دار محاسبه می شود و سپس از مجموع  $S(i, j, k)$  ها برای تمام  $n, m$  ها در یک همسایگی از  $(i, j)$ ،  $L(i, j, k)$  حاصل می شود. ۸ جهت برای رگه ها در نظر گرفته می شود. به این ترتیب اگر اندازه تصویر باینری  $X \times Y$  باشد در آن صورت اندازه آرایه های  $S, L$  برابر

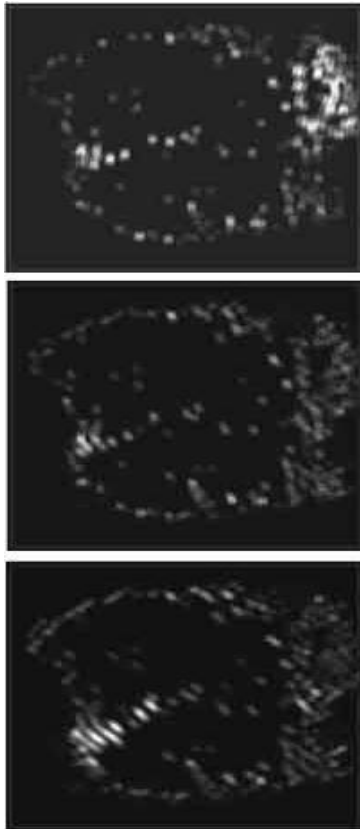
خلاصه کرد: ۱- تولید تصویر باینری اثر انگشت، ۲- اعمال الگوریتم آشکار ساز خط بر روی تصویر باینری و استخراج جهت محلی رگه ها، ۳- استخراج ویژگی از خروجی آشکار ساز خط با استفاده از یک موزائیک بندی خاص و تولید بردار مشخصه، ۴- طبقه بندی بردار مشخصه ها با شبکه عصبی احتمالی. در ادامه در بخش ۲ نحوه استخراج ویژگی توضیح داده می شود. در بخش ۳ طبقه بندی کننده شبکه عصبی احتمالی معرفی می شود. در بخش ۴ نتایج طبقه بندی تصاویر اثر انگشت FVC2000 و FVC2002 [۱۱] با الگوریتم پیشنهادی آورده می شود. نتیجه گیری و بحث در مورد تحقیق صورت گرفته در بخش آخر ارائه می شود.

## ۲- استخراج ویژگی

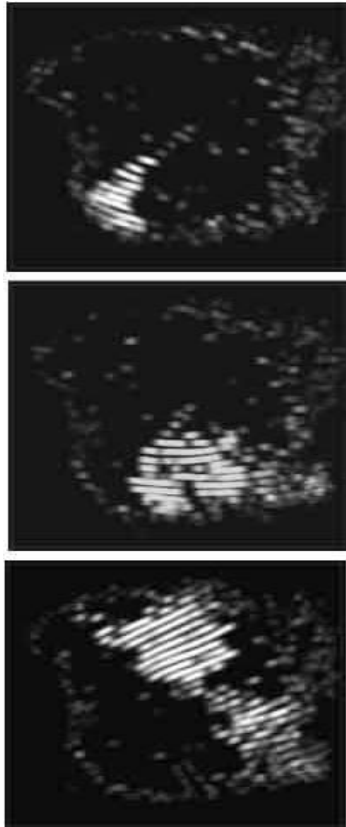
ویژگیهایی که تحت عنوان ویژگیهای جهتی از تصویر اثر انگشت استخراج می شوند، جهت غالب رگه ها و درصد فراوانی آنها در مناطق مشخصی از تصویر است. جهت رگه ها در هر نقطه از تصویر توسط الگوریتم خاصی تحت عنوان الگوریتم آشکار ساز خط شناسایی می شود. به دلیل اینکه این الگوریتم بر روی تصویر باینری اعمال می گردد، لازم است که در ابتدا تصویر باینری اثر انگشت تولید گردد. بدین منظور در ادامه نحوه تولید تصویر باینری توضیح داده می شود.

## ۲-۱- تولید تصویر باینری اثر انگشت

برای استخراج مشخصه از تصویر اثر انگشت نیاز است که در ابتدا تصویر باینری اثر انگشت تهیه شود. برای این منظور با استفاده از روش آستانه گذاری سراسری تصویر باینری از تصویر خاکستری اثر انگشت بدست می آید. در این روش هر پیکسل تصویر خاکستری اثر انگشت با یک حد آستانه ای مقایسه می شود. اگر مقدار شدت پیکسل از این حد کمتر بود به پیکسل مقدار جدید صفر اختصاص داده می شود و اگر مقدار شدت پیکسل از این حد آستانه بزرگتر بود به پیکسل مقدار یک (۲۵۵) اختصاص داده می شود. به این ترتیب یک تصویر باینری صفر و یک بدست می آید. در این روش مقدار آستانه از میانگین سطوح خاکستری کل پیکسلهای تصویر اصلی حاصل می شود. رابطه (۱) این روش را نشان می دهد.



شکل ۲- (الف: بالا) (ب: وسط) (ج: پایین)



شکل ۲- (د: بالا) (و: وسط) (ه: پایین)

$X \times Y \times 8$  است. برای تشکیل آرایه  $S$  از رابطه (۲) استفاده می شود.

$$S(i, j, k) = \phi \left( \sum_{n, m=-M}^M \hat{S}^k(i, j, m, n) - \gamma \right) \quad (2)$$

$$\hat{S}^k(i, j, m, n) = I(i+m, j+n) E^k(m, n) OI^k(i+m, j+n)$$

$$\phi(x) = \begin{cases} x & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

در رابطه فوق  $E^k(m, n)$  یک ماسک لبه به ابعاد  $(2M+1) \times (2M+1)$  برای جهت  $k$  است. در شکل ۱ تعدادی از ماسکهای لبه برای چند جهت نشان داده شده است. در رابطه (۲)،  $OI^k(i+m, j+n)$  سیگنال فیدبک نامیده می شود که با رابطه (۴) محاسبه می شود.  $\gamma$  نیز آستانه است که صفر در نظر گرفته می شود.  $S(i, j, k)$ ،  $L(i, j, k)$  به کمک رابطه (۳) محاسبه می گردد.

$$L(i, j, k) = \sum_{n=-M'}^{M'} \sum_{m=-M'}^{M'} S(i+m, j+n, k) \quad (3)$$

با رابطه فوق شدت خط با جمع کردن شدت رگه در یک همسایگی به اندازه  $(2M'+1) \times (2M'+1)$  محاسبه می شود. در ادامه سیگنال فیدبک  $OI^k(m, n)$  از رابطه (۴) محاسبه می شود. اگر  $K_m(i, j)$  جهت با بالاترین شدت خط در  $(i, j)$  باشد. در آن صورت خواهیم داشت:

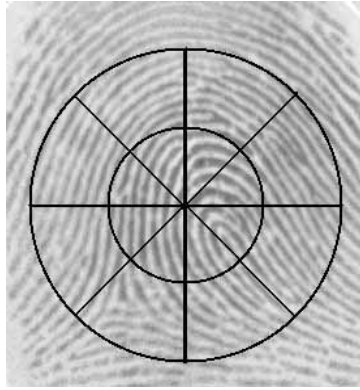
$$K_m(i, j) = \arg \text{Max}_k L(i, j, k) \quad (4)$$

$$\text{if } (L(i, j, K_m(i, j)) - \frac{1}{8} \sum_{s=0}^7 L(i, j, s)) > \tau$$

$$\text{then } \Rightarrow \begin{cases} OI^l(i, j) = 1 & \text{if } l = K_m(i, j) \\ OI^l(i, j) = 0 & \forall l \neq K_m(i, j) \end{cases}$$

$$\text{else } OI^l(i, j) = 1 \quad \forall l$$

الگوریتم آشکارساز با تکرار متناوبی روابط (۲) تا (۴) پیاده سازی می شود. در ابتدا برای شروع سیگنال فیدبک  $OI^k(i, j) = 1$  در نظر گرفته می شود، تا آرایه های  $S, L$  و به دنبال آن  $OI^k(i, j)$  حاصل گردد. این فرآیند به صورت متناوب تکرار می شود تا اینکه تمام مقادیر آرایه  $S$  به حالت پایدار برسند. معمولاً اگر این فرآیند برای ۳ تا ۵ بار انجام شود، آرایه  $S$  به حالت پایدار خود خواهد رسید. شکل (۲) تصویر اثر انگشت به همراه خروجی آشکارساز خط در تکرار سوم را نشان می دهد.



شکل ۳- موزائیک بندی تصویر اثر انگشت به ۱۶ منطقه جهت استخراج ویژگی

### ۳-۲- تولید بردار مشخصه

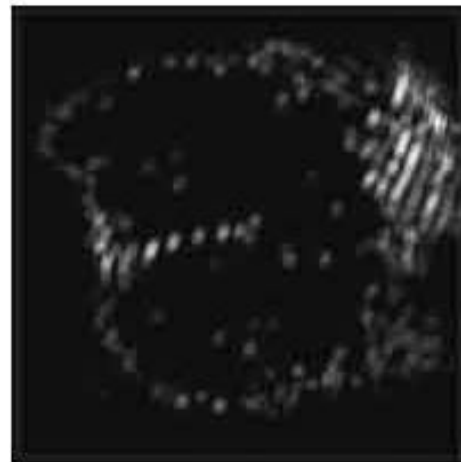
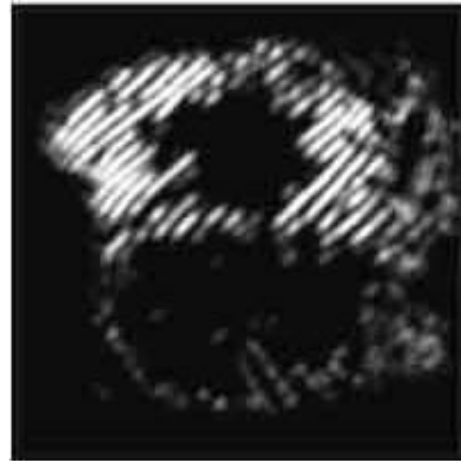
بعد از اینکه خروجی آشکارساز خط فراهم و آرایه های  $S(i, j, k)$  و  $L(i, j, k)$  حاصل شد، بردار مشخصه  $F$  از این دو آرایه استخراج می شود.  $F$  حاوی اطلاعات با ارزشی از جهت رگه ها در تصویر اثر انگشت است که در طبقه بندی از آنها استفاده می شود. برای تشکیل بردار مشخصه، تصویر به ۱۶ منطقه همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده است، تقسیم بندی می شود. در هر منطقه هیستوگرام جهتها محاسبه می شود و دو جهت غالب و درصد فراوانی آنها استخراج می شود. به این ترتیب برای هر تصویر  $۱۶ \times ۴ = ۶۴$  المان بدست می آید که بردار مشخصه  $F$  را تشکیل می دهد.

### ۳- شبکه عصبی احتمالی

یکی از پرکاربردترین طبقه بندی کننده ها، طبقه بندی کننده های شبکه عصبی احتمالی است که کاربرد فراوانی در شناسایی الگو دارد. شبکه عصبی احتمالی از سه لایه تشکیل شده است (شکل ۴). هنگامی که ورودی با  $R$  المان به شبکه اعمال می شود، لایه دوم شبکه با استفاده از بلوک  $\|dist\|$  فاصله بردار ورودی با بردار وزنها  $(IW_{Q \times R})$  را محاسبه کرده و بردار  $Q$  المانی حاصل را در بردار بایاس  $(b_{Q \times 1}^1)$  ضرب می کند. حاصل این مرحله بردار  $n_1$  است که به تابع تبدیل radbas اعمال می شود. تابع radbas به صورت زیر تعریف می شود:

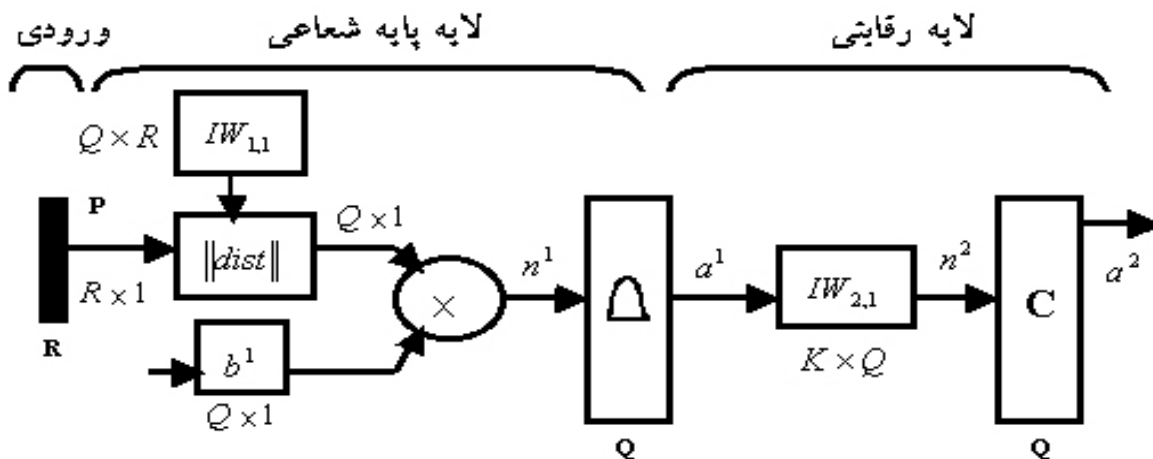
$$radbas(n) = e^{-\frac{n^2}{\sigma^2}} \quad (5)$$

تابع radbas فاصله بین بردار ورودی و بردار وزن نرونها را

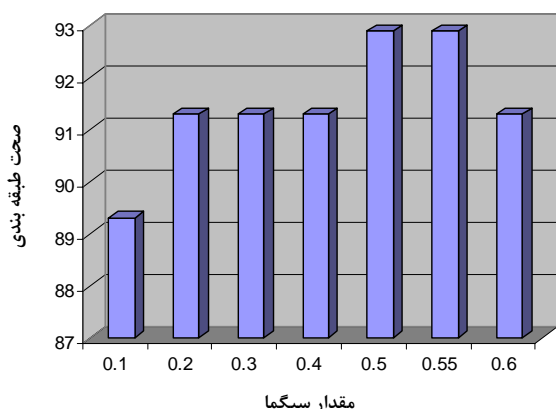


(بالا: ز) (وسط: ح) (پایین: ط)

شکل ۲- تصویر اثر انگشت به همراه خروجی الگوریتم آشکارساز خط در تکرار سوم. الف- خروجی الگوریتم در جهت صفر درجه، ب- خروجی الگوریتم در جهت ۲۲/۵ درجه، ج- خروجی الگوریتم در جهت ۴۵ درجه، د- خروجی الگوریتم در جهت ۶۷/۵ درجه، و- خروجی الگوریتم در جهت ۹۰ درجه، ه- خروجی الگوریتم در جهت ۱۱۲/۵ درجه، ز- خروجی الگوریتم در جهت ۱۳۵ درجه، ح- خروجی الگوریتم در جهت ۱۵۷/۵ درجه، ط- تصویر اثر انگشت.



شکل ۴- ساختار شبکه عصبی احتمالی



شکل ۵- نمودار عملکرد شبکه عصبی احتمالی به ازای مقادیر مختلف  $\sigma$  برای طبقه بندی در ۶ کلاس

ترتیب برابر ۶۴ و ۶ در نظر گرفته می شود. علاوه بر این دو پارامتر، مقدار  $\sigma$  تابع گوسی  $\text{radbas}$  در لایه دوم نیز باید مشخص گردد. مقدار  $\sigma$  در این شبکه با توجه به الگوهای ورودی مشخص می گردد. قاعده مشخصی جهت تعیین مقدار بهینه آن وجود ندارد و با روش سعی و خطا مقدار بهینه  $\sigma$  تعیین می گردد. به این منظور عملکرد شبکه به ازای مقادیر مختلف  $\sigma$  مورد ارزیابی قرار می گیرد.

#### ۴- نتایج

برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی جهت طبقه بندی تصاویر اثر انگشت از مجموعه تصاویر استاندارد  $FVC2000$  و  $FVC2002$  استفاده شده است. از کل ۶۰۰ تصویری که در اختیار است ۶۰٪ آنها برای آموزش شبکه و ۴۰٪ باقی مانده برای آزمایش شبکه استفاده می شود. بدین منظور با الگوریتم پیشنهادی که در بخش ۲ توضیح داده شد، از

به صورت عددی در خروجی ظاهر می کند. در نهایت خروجی لایه دوم به صورت یک بردار  $a_{Q \times 1}^1$  به لایه سوم تحویل داده می شود. رابطه زیر خروجی لایه دوم را حاصل می کند:

$$a_{Q \times 1}^1 = \text{radbas}(\|IW_{Q \times 1} - P_{R \times 1}\| \times b_{Q \times 1}^1) \quad (6)$$

در ادامه خروجی لایه دوم ( $a_{Q \times 1}^1$ ) در ماتریس وزنهای لایه سوم ( $LW_{K \times Q}^2$ ) ضرب شده و خروجی  $n_{K \times 1}^2$  را حاصل می کند. تابع تبدیل رقابتی بر خروجی  $n^2$  اعمال می شود و یک المان ۱ متناسب با بزرگترین المان  $n^2$  و چند المان صفر تولید می کند. المانی که مقدار یک دارد کلاس دیتای ورودی را مشخص می کند. رابطه زیر خروجی لایه سوم شکل می گیرد:

$$a_{K \times 1}^2 = \text{Compet}(LW_{K \times Q} \times a_{Q \times 1}^1) \quad (7)$$

بنابراین شبکه بردار ورودی را در یکی از  $K$  کلاس موجود طبقه بندی می کند که بیشترین احتمال را داشته است. آموزش در این شبکه برخلاف شبکه های دیگر یک فرآیند تکراری نیست بلکه فقط کافی است یک بار دیتاهای آموزشی به همراه کلاسهای مربوطه به شبکه داده شود تا آموزش صورت گیرد. به عبارت دیگر شبکه در مرحله آموزش، مشخصه هایی از نمونه های آموزشی را در خود ذخیره می کند تا در مرحله آزمایش با مقایسه آنها با الگوی ورودی بتواند کلاس الگوی مورد نظر را شناسایی کند. برای استفاده از این شبکه لازم است که ساختار آن مشخص گردد. با توجه به اینکه تعداد المانهای بردار مشخصه و تعداد کلاسهای تصاویر به ترتیب ۶۴ و ۶ است. بنابراین تعداد نرونها لایه ورودی و خروجی در شبکه به

### مراجع

- [1] H. Pourghassem, and H. Ghassemian, "Fingerprint Classification with Probabilistic Neural Network", Proc. 8th IEEE Int. Symp. on Signal Processing and its Applications, vol. 2, pp. 663-666, Aug. 2005.
- [2] Hassan Ghassemian, "An automatic fingerprint algorithm", Esteghlal Journal of Engineering, vol.18, no.1, pp.1-11, 1999.
- [3] A. K. Jain, S. Prabhakar, and L.Hong, "A Multichannel Approach to Fingerprint Classification", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.21, no.4, pp.348-358, 1999.
- [4] S.Wang, W.Zhang, "Fingerprint Classification by Directional Fields", *Proc. 4<sup>th</sup> IEEE Int. Conf. Multimodal Interface, Pittsburgh*, pp. 395-398, 2002.
- [5] J.H.Chang, K.Fan, "A new model for fingerprint classification by ridge distribution sequences", *Pattern Recognition*, vol. 35, Issue 6, pp.1209-1223, June 2002.
- [6] K.A.Nagaty, "Fingerprint Classification using Artificial Neural Network: A Combination Structural and Statistical Approach", *Neural Networks*, vol.14, pp.1293-1305, 2001.
- [7] J.Gao, H.M.Dong, and A.Chem, "Research on Syntactic Fingerprint Classification and Matching", *Proc. of the second Int. Con. on Machine Learning and Cybernetics*, vol.3, pp. 3066-3071, 2003.
- [8] Y.Yao, G.Marcialis, M.Pontil, "Combining Flat and Structured Representations for Fingerprint Classification with Recursive Neural Networks and Support Vector Machines", *Pattern Recognition*, vol.36, pp. 397-406, 2003.
- [9] A.Senior, "A Combination Fingerprint Classifier", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.23, no. 10, pp.1165-1175, 2001.
- [10] O.Zhang, H.Yan, "Fingerprint classification based on extraction and analysis of singularities and pseudo ridges", *Pattern Recognition*, vol.37, Issue11, pp. 2233-2243, November 2004.
- [11] [http:// bias.csr.unibo.it/ FVC2000](http://bias.csr.unibo.it/FVC2000) and [FVC2002/ databases.asp](http://bias.csr.unibo.it/FVC2002).

تصاویر استخراج ویژگی می شود و به کمک شبکه عصبی احتمالی که در بخش ۳ معرفی شد، طبقه بندی در ۶ کلاس صورت می گیرد. همانگونه که در بخش قبل گفته شد، برای آموزش بهینه شبکه عصبی احتمالی نیاز است که مقدار بهینه  $\sigma$  در لایه دوم این شبکه تعیین گردد، به این منظور با روش سعی و خطا این مقدار مشخص می گردد. نمودار عملکرد شبکه به ازای مقادیر مختلف  $\sigma$  برای طبقه بندی در ۶ کلاس در شکل ۵ نشان داده شده است. شبکه احتمالی با  $\sigma = 0.5$  دارای بیشترین مقدار صحت طبقه بندی یعنی ۹۲/۹٪ به همراه ۲٪ ردی است. نتایج طبقه بندی تصاویر اثر انگشت با شبکه عصبی احتمالی به همراه تعداد تصاویر رد شده برای طبقه بندی ۶ کلاسه در جدول ۱ آورده شده است. در صورتی که *Chang et al.* [۵] صحت طبقه بندی در ۵ کلاس را ۹۴/۸٪ (با ۴/۲٪ ردی) گزارش کرده است. صحت طبقه بندی گزارش شده در [۳] برای طبقه بندی ۵ کلاسه ۹۰٪ (با ۱/۸٪ ردی) و در [۴] برای طبقه بندی ۴ کلاسه ۹۱/۵٪ بوده است.

### ۵- نتیجه گیری

در این تحقیق یک روش جدید جهت استخراج ویژگی ارائه شد. طبقه بندی ویژگیهای مستخرج با این الگوریتم نتایج بهتری نسبت به کارهای قبلی به همراه داشت. بردار مشخصه تولیدی در این روش در عین حال که دارای تعداد المانهای کمی می باشد ولی اطلاعات با ارزشی از جهت کلی رگه ها در اختیار دارد. نتایج نشان می دهد که ویژگیهای مستخرج از تصاویر در مقابل نویز مقاوم هستند. بهترین صحت طبقه بندی بدست آمده در این روش ۹۲/۹٪ به همراه ۲٪ ردی برای طبقه بندی در ۶ کلاس بود.

جدول ۱- نتایج طبقه بندی تصاویر در هر ۶ کلاس با شبکه عصبی احتمالی

تصاویر رد شده	طبقه بندی تصاویر در کلاسها					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
کلاس واقعی						
۱	۵۷	۵۴	۰	۱	۲	۰
۲	۵۴	۰	۵۲	۰	۱	۰
۳	۶۹	۰	۰	۶۳	۰	۵
۴	۲۳	۱	۱	۰	۱۹	۲
۵	۲۱	۱	۱	۰	۲	۱۷
۶	۲۱	۰	۱	۲	۰	۱۸