

ارائه روشی جدید مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی در تطبیق آثار انگشتان

علیرضا زاهدپور	سید امیر حسن منجمی	بهروز ترک لادانی
گروه کامپیوتر	گروه مهندسی کامپیوتر دانشکده مهندسی	گروه مهندسی کامپیوتر دانشکده مهندسی
دانشگاه آزاداسلامی واحد فسا	دانشگاه اصفهان	دانشگاه اصفهان
zahedpoor@gmail.com	monadjemi@eng.ui.ac.ir	ladani@eng.ui.ac.ir

چکیده: این مقاله روشی را برای استخراج یکی از ویژگیهای تصاویر اثر انگشت بنام ریز ذره^۱ ارائه می‌کند. به کمک ریز ذره‌ها عمل تطبیق آثار انگشت با کیفیت مطلوب قابل انجام است. در این مقاله از یک شبکه عصبی چند لایه^۲ پرسپترون جهت تشخیص نقاط ریز ذره استفاده شده است. دقت حاصله در این روش بسیار زیاد بوده و تا حد بالایی قادر به تشخیص نقاط ریز ذره می‌باشد. و با در نظر گرفتن استفاده از تشخیص اثر انگشت در سیستمهای امنیتی و مبادی ورودی و خروجی، دقت بالای بدست آوردن ریز ذره‌ها از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود که در این تحقیق به آن توجه شده است. در روال تطبیق، با استفاده از یک روش ابتکاری بنام کوتاهترین فاصله، که ورودی آن خروجی شبکه عصبی چند لایه بوده و بر اساس محل ریز ذره عمل می‌کند و کیفیتی بیش از روشهای دیگر که معمولا از تصاویر جهتدار استفاده می‌کنند و نسبت به نویز حساس تر هستند، فراهم می‌آورد

واژه های کلیدی: شبکه عصبی چند لایه‌ای، اثر انگشت، ریز ذره(نقاط ریز)

۱- مقدمه

زیاد است. که بدست آوردن و ذخیره چنین تصاویری متضمن پرداخت هزینه زیادی مخصوصا از نظر وقت و فضای ذخیره سازی است. یکی دیگر از ویژگیهای مورد استفاده در اثر تطبیق انگشت، استخراج نقاطی موسوم به نقاط ریز یا ریز ذره‌ها می‌باشد. این نقاط معمولا از به هم پیوستن دو شیار برجسته و یا ابتدا و انتهای یک شیار برجسته تشکیل می‌شوند.

در این مقاله نشان خواهیم داد که با استفاده از شبکه عصبی این نقاط را می‌توان با سهولت و همچنین با دقت بالایی تشخیص

تا به حال حتما تصویر اثر انگشت را مشاهده نموده اید. همانگونه که می‌دانید این تصاویر دارای شیارهای برجسته و فرو رفته‌ای هستند. برای اینکه تصویر دو اثر انگشت را با هم تطبیق دهیم، می‌بایست تعدادی از ویژگیهایی آن دو تصویر را بر هم منطبق کنیم. تا کنون ویژگیهای متعددی برای تطبیق اثر انگشت پیشنهاد شده است. مثلا منافذ عرق موجود در بین شیارها که عیب این روش احتیاج به تصاویری با دقت بسیار

¹ Minutiae

² Multi Layer Perceptron

که در کادر قرار داده نشده، منظور دستگاه یا وسیله‌ای است که توانایی گرفتن تصاویر اثر انگشت را دارا می‌باشد.

۲-۱- نرمال سازی^۴

پس از بدست آوردن تصویر اثر انگشت می‌بایست برای اینکه همه تصاویر از لحاظ شدت در یک محدوده قابل قبولی قرار گیرند و همگی از یک شدت مساوی برخوردار شوند، آنها را نرمال می‌کنیم. روشهای مختلفی جهت نرمال سازی پیشنهاد شده است ولی معروفترین آنها فرمول (۱) می‌باشد.

$$N_i(x, y) = \begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{V_0 \times (I(x, y) - M_i^2)}{V_i}}, & \text{if } I(x, y) > M_i \\ M_0 - \sqrt{\frac{V_0 \times (I(x, y) - M_i^2)}{V_i}}, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

(۱)

همانگونه که می‌دانیم از نظر آماری دادهایی نرمال هستند که میانگین آنها صفر و واریانس آنها یک باشد. در این صورت آن داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند.

در فرمول (۱) تصویر نرمال شده و I تصویری است که می‌خواهیم آن را به فرم نرمال در آوریم. V_0 , M_0 واریانس و میانگین مورد نظر است، که قرار است تصویر در این واریانس و میانگین قرار گیرد. M_i , V_i واریانس و میانگین تصویر هستند.

۲-۲- جداسازی تصویر از زمینه^۵

وقتی تصویر اثر انگشت گرفته می‌شود، ممکن اطراف آن زمینه و یا نقاط نامطلوبی قرار گیرند، و اگر آن نقاط از تصویر حذف نگردند باعث بروز نویز و کاهش دقت می‌گردد. به همین منظور، بهترین روش آن است که تصویر را از زمینه جدا کنیم.

در تصویر اثر انگشت به علت حالت خاصی که دارد (شامل شیارهای سیاه و سفید است، حال آنکه زمینه نیز ممکن است

داد. البته حالتی که منجر به تشکیل ریز ذره در تصاویر اثر انگشت می‌شود نسبتاً زیاد است. و در هر روش تطبیق آثار انگشتان، ممکن است بدست آوردن همه آنها لازم نباشد.

اکثر سیستمهای مقایسه کننده اثر انگشت بر پایه تطبیق نقاط ریز هستند [۲، ۳، ۵]. نقاط ریز که به ویژگیهای گالتون^۱ نیز شناخته می‌شوند، نقاط گسسته‌ای در تصاویر اثر انگشت هستند، که اصولاً دارای انواع انتهایی (ابتدا و انتهای هر شیار) و یا نقاط انشعابی (نقاطی که شیار به دو قسمت تقسیم می‌شود) می‌باشند [۹]. چند مشکل اساسی معمولاً تشخیص آثار انگشت را دشوار می‌سازد. از آن جمله می‌توان به عدم یکنواختی یا انقطاع شیارها، شکستگی در شیارها، مشکل در جداسازی شیارهای نزدیک، در همه موارد نقص اثر انگشت (بدلیل زخم، سوختگی و غیره) یا نقص در ثبت تصویر و نویز عامل کاهش کیفیت تصویر هستند. بنابراین قبل از یافتن نقاط ریز انجام فاز بهبود تصاویر معمولاً اجباری است تا یافتن نقاط ریز را ساده‌تر سازد. [۷، ۸، ۱۰، ۱۱].

در این مقاله برای بهبود دادن^۲ تصویر بر اساس روال شکل ۱ عمل کردیم. بخشهای ۲-۱ شامل روش نرمال سازی و ۲-۲ نحوه جداسازی تصویر از زمینه و در بخش ۲-۳ زاویه هر نقطه از تصویر در شیار اثر انگشت بررسی می‌شود. و سرانجام پالاینده^۳ بهینه سازی Gabor را در بخش ۲-۴ بررسی می‌کنیم. عملیات نازک سازی شیارها در بخش ۲-۵ و استخراج نقاط ریز بکمک شبکه عصبی در بخش ۲-۶ و حذف نقاط ریز زائد در بخش ۲-۷ و در نهایت عملیات و الگوریتم تطبیق در بخش ۲-۸ بررسی شده است. و در فصول ۳ و ۴ به بیان نتایج تجربی و نتیجه گیری می‌پردازیم.

۲- مراحل تشخیص اثر انگشت

در شکل ۱ مراحل تشخیص اثر انگشت را ملاحظه می‌کنید. که در ادامه هر یک از مراحل را بررسی می‌کنیم. همه این مراحل پس از بدست آوردن تصویر آغاز میشوند. در شکل ۱ قسمتی

⁴ Normalization

⁵ Segmentation

¹ Galton Characteristic

² Enhancement

³ Filter

۲-۳- تصویر جهت نقاط^۳

پس از اینکه عمل جداسازی^۴ صورت گرفت، می‌بایست جهت هر یک از بلوکها را تعیین کنیم. که این کار با استفاده از گرادیان انجام می‌شود. البته روشهای دیگری نیز وجود دارد ولی این روش که بر پایه گرادیان استوار است بسیار دقیق است. برای اینکه از تصویر گرادیان^۵ (مشتق جهتی) بگیریم. می‌توانیم از فیلترهای Prewitt یا Sobel استفاده کنیم [۳]. هر دو این فیلترها دو قسمتی هستند که هر قسمت یک ماتریس ۳×۳ را تعریف می‌کنند. یکی برای مشتق در جهت X و دیگری برای مشتق در جهت Y. ما از فیلتر سوبل استفاده کردیم. در صورتی که بخواهیم مشتق تصویر در جهت X را بدست آوریم $\partial x(i, j)$ از فیلتر موجود در شکل ۲، و برای مشتق عمودی یا در راستای محور Y $(\partial y(i, j))$ از فیلتر موجود در شکل ۳ استفاده می‌کنیم. که معمولا برای رسیدن به نتیجه بهتر مراحل زیر را طی می‌کنیم: [۳]

۱- تصویر را به بلوکهای WxW تقسیم می‌کنیم.

۲- برای هر بلوک با استفاده از فیلترهای بالا $\partial y, \partial x$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

شکل ۳: ماتریس گرادیان سوبل در جهت محور عمودی

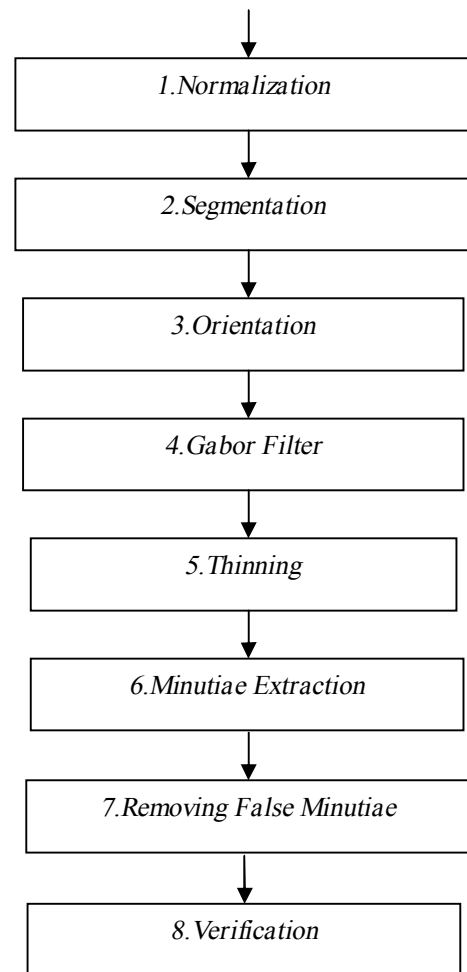
$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \partial_x^2(u, v)\partial_y^2(u, v)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \right)$$

(۲)

Acquiring Fingerprint Image



شکل ۱: دیاگرام مراحل تشخیص اثر انگشت

سفید باشد، که در این صورت زمینه در بطن تصویر نیز وارد شده است)، از واریانس استفاده می‌شود. برای این منظور تصویر را به بلوکهای مساوی تقسیم^۱ کرده و واریانس هر بلوک را می‌گیریم. در صورتیکه واریانس هر بلوک از یک مقدار آستانه^۲ کمتر باشد آن را صفر می‌کنیم. در این صورت به علت متداخل بودن شیارها، بلوک حاوی آنها دارای واریانس بالا و بلوکی که شامل نقاط زمینه است دارای واریانس پایین است. زیرا تصویر زمینه تقریبا یکنواخت است. و در صورتی که کاملا یکنواخت باشد دارای واریانس صفر است. یعنی داده های موجود در بلاک از مقدار میانگین فاصله ای ندارند.

³ Orientation Image

⁴ Segmentation

⁵ Gradient

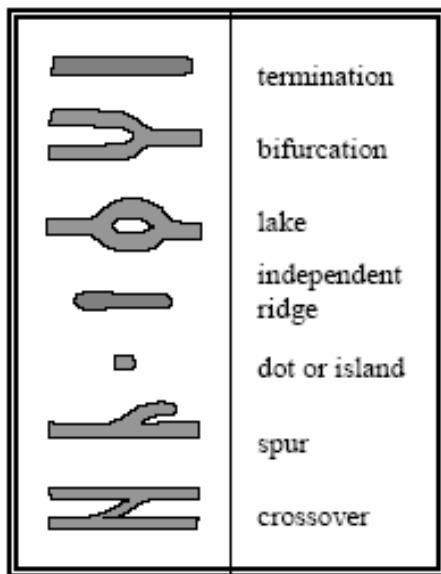
¹ Sectorization

² Threshold

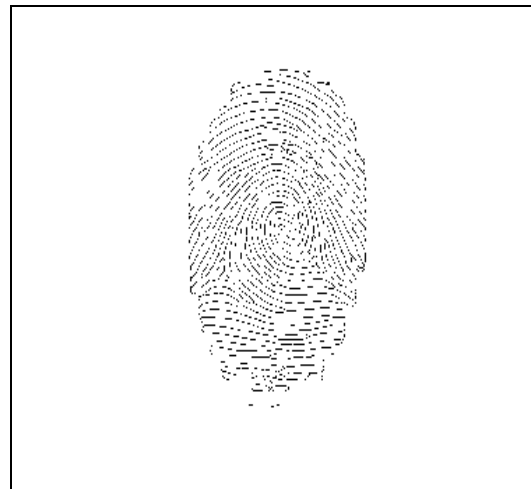
در این شبکه عصبی ورودی شامل بلاکهای ۳×۳ می‌شد (۹ ورودی) که پس از تحویل به شبکه، یک خروجی باینری دریافت می‌شود. در صورتیکه خروجی آن یک باشد، ورودی یکی از الگوهای تعیین شده است و در صورتیکه صفر باشد ورودی اشتباه و شامل الگوهای مورد نظر نیست. برای این کار از بلاکهای شکل ۸ استفاده شد. انواع نقاط ریز را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵: باینری شده خروجی پالایند گبور به همراه جداسازی تصویر از زمینه



شکل ۷: انواع نقاط ریز موجود در یک تصویر



شکل ۶: تصویر نازک سازی شده با استفاده از مورفولوژی

۲-۵- نازک‌سازی^۱

برای اینکه بتوان به راحتی به نقاط ریز^۲ دست یافت، می‌بایست شیارها را نازک کنیم، که این کار توسط مورفولوژی انجام دادیم. در واقع نازک سازی به معنی کاهش شیارها به اندازه یک نقطه است. شکل ۶.

۲-۶- استخراج نقاط ریز ذره^۳ با استفاده از شبکه عصبی

جهت استخراج نقاط مذکور، از یک شبکه عصبی چند لایه^۴ از نوع جلورونده^۵ با ۹ ورودی و ۵ لایه پنهان و یک خروجی استفاده شد.

۲-۷- حذف نقاط ریز اشتباه^۶

چون در جریان عملیات بهینه سازی تصویر ممکن است خیلی از نقاط نزدیک به هم در پالایند گبور به یکدیگر متصل و یا از یکدیگر جدا شوند، به همین دلیل از نقاط ریز که بسیار به یکدیگر نزدیک هستند صرف نظر می‌شود.

¹ Thinning

² Minutiae

³ Minutiae Extraction

⁴ MLP (Multi Layer Perceptron)

⁵ Feed Forward

⁶ Removing False Minutiae

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Minutiae that are overlaped}}{\text{All Minutiae}}$$

If Ratio \leq Threshold Then
Two Image is the same

Else
Two Image is difference

End

(۶)

البته به جهت اینکه تصاویر حاصل شده معمولاً دارای نویز هستند، به همین علت از کوتاهترین فاصله بین نقاط استفاده می‌گردد. فرمول ۷.

$$DD = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$AD = \text{Min}(|\theta_2 - \theta_1|, 360 - |\theta_2 - \theta_1|)$$

If DD \leq Threshold AD \leq Threshold Then
Matching two Points is Accepted

Else
Matching is rejected

End

(۷)

که DD^3 اختلاف فاصله و AD^4 اختلاف زاویه است. در صورتیکه هر دو نقطه بر روی یکدیگر منطبق باشد، در این صورت اختلاف فاصله بین محور افقی و عمودی نقطه اول و دوم، صفر یا کوچکتر یا مساوی مقدار آستانه خواهد بود. خواهد بود.

الگوریتم پیشنهادی بطور کامل برای تطبیق:

۱. برای یک نقطه ریز از اثر انگشت اول را با تمام نقاط ریز

از اثر انگشت دوم، مراحل زیر را انجام بده

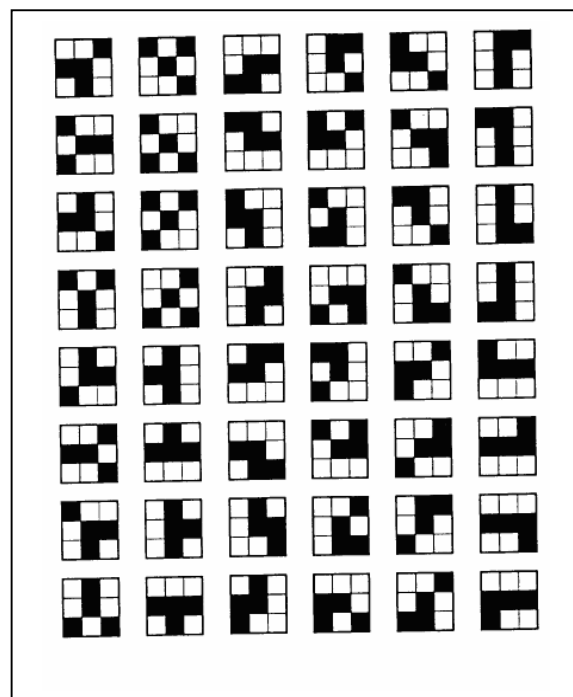
۱.۱. فرمول ۷ را برای تمامی نقاط محاسبه کنید.

۱.۲. پس از بدست آوردن نقاط ریز برای نقطه ریز اول و

تمامی نقاط ریز از اثر انگشت دوم حداقل 0 مقادیر

AD, DD را بدست آورید.

عمل صرف نظر کردن با استفاده از الگوهایی شبیه به شکل ۸ ولی با اندازه بزرگتر انجام می‌شود. اندازه بلاکهای بزرگتر را می‌توان در اندازه‌های ۵X۵ یا ۷X۷ و ... در نظر گرفت. البته اندازه بلاکهای در نظر گرفته شده، بصورت بهینه، با استفاده از آزمایش و روش سعی و خطا حاصل می‌شود.



شکل ۸: تعدادی از الگوهای استفاده شده در شناخت نقاط ریز

۲-۸- تطبیق^۱

پس از استخراج ویژگیها، که در اینجا از نقاط ریز^۲ به عنوان ویژگی استفاده شده است. از روش کوتاهترین فاصله برای تطبیق دو اثر انگشت استفاده شد.

در این روش دو تصویر بر روی هم منطبق شده و نقاطی که بر روی هم قرار می‌گیرند شمرده شده و در نهایت تعداد کل نقاطی که بر روی هم منطبق می‌شوند بر تعداد کل نقاطی که از عملیات استخراج بدست آمده تقسیم می‌گردد. فرمول ۶، در این صورت اگر تعداد کل نقاط منطبق با تعداد کل نقاط بدست آمده یکی شد، در این صورت احتمال آنکه هر دو اثر انگشت یکی باشند صد در صد است.

³ Distance Difference

⁴ Angle Difference

⁵ Minimum

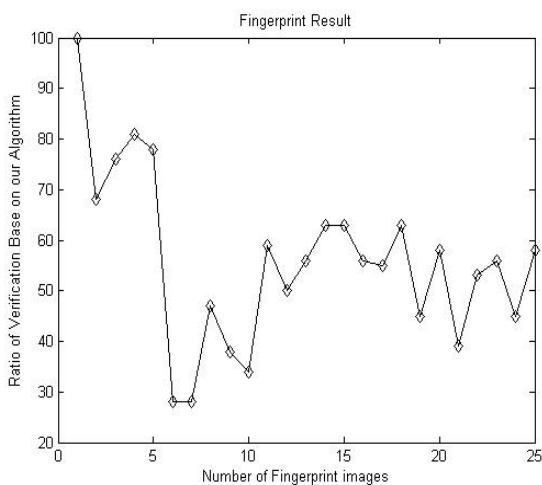
¹ Verification

² Minutiae



شکل ۹: پیدا کردن نقاط ریز با استفاده از شبکه عصبی

همان گونه که ملاحظه می‌کنید مقدار آستانه برای **Ratio**، ۶۸ است و تصاویر دیگر همگی از مقدار آستانه پایین تر هستند.



نمودار ۱: اعمال الگوریتم ارائه شده بر روی تصاویر اثر انگشت

۴- نتیجه گیری

همانگونه که مشاهده نمودید، استفاده از شبکه عصبی جلو رونده^۴ و چند لایه^۵ دارای ۵ لایه پنهان و ۹ ورودی و یک خروجی که در این مقاله بحث شد، باعث بالا رفتن سرعت و دقت و سهولت در یافتن نقاط ریز می‌شود. و چون نقاط ریز جزء ویژگیهای تصویر اثر انگشت محسوب می‌شود، در نتیجه باعث بالا رفتن دقت در تطبیق اثر انگشت می‌شود. مزیت دیگر استفاده از شبکه عصبی کاهش عملیات محاسباتی پس از بدست آوردن وزنها،

۱.۳. اگر حداقل مقدار بدست آمده کمتر یا مساوی با مقدار آستانه باشد آنگاه $AM = AM + 1$ که در آن **AM** تعداد نقاط ریز قابل قبول است.

۱.۴. اگر تعداد نقاط ریز اثر انگشت اول تمام نشده، به مرحله ۱ بروید، در غیر این صورت به مرحله ۲ فرمول ۶ را برای تمام نقاط ریز قابل قبول از مرحله ۱.۳ و تمامی نقاط بدست آمده محاسبه کنید

۳. اگر **Ratio** موجود در فرمول ۶، کمتر یا مساوی مقدار آستانه باشد آنگاه آن دو اثر انگشت، یکی هستند.

۴. پایان

۳- نتایج تجربی

اعمال محاسباتی با استفاده از نرم افزار **Matlab** و طراحی شبکه عصبی با استفاده از نرم افزار **NetLab** انجام گرفت. در نرم افزار طراحی شبکه عصبی پس از ۳۴۵۶ بار تکرار به خطای صفر دست یافتیم. پس از آن با استفاده از وزنه‌های بدست آمده از **NetLab** در نرم‌افزار **Matlab**، استفاده شد.

وزنه‌های بدست آمده با احتساب ۵ لایه پنهان و ۹ ورودی، ۴۵ وزن را شامل شد. و از تابع تانژانت هیپربولیک^۱، به عنوان تابع جمع کننده^۲، استفاده شد.

جدول ۱: مقادیر آستانه ارائه شده در این مقاله

مقدار آستانه	مرحله
0.05	جداسازی تویر از زمینه ^۳
$0.9990 \leq x \leq 1.0005$	تشخیص نقاط ریز در شبکه عصبی
۱۰	فاصله دو نقطه از دو تصویر
۱۳	اختلاف زاویه دو نقطه
۶۸	Ratio در الگوریتم ارائه شده

با استفاده از پایگاه داده **FVC 2004** تعداد ۲۵ تصویر که شامل اثر انگشت ۵ نفر بود برای تست انتخاب شد و نتایج را بر روی نمودار ۱ نشان دادیم.

¹ Tan hyperbolik
² Squashing
³ Segmentation

⁴ Feed Forward
⁵ Multi Layer Perceptron



برای تعداد بسیاری از تصاویر اثر انگشت کاهش می یابد. و در صورت بدست آوردن وزنه‌های مربوط به شبکه عصبی، را را برای استفاده از کامپیوترهایی با توان کمتر و استفاده از چیپها^۱ و مدارات مجتمع در پیاده سازی تطبیق اثر انگشتان بطور سخت افزاری، هموارتر می شود.

۵- مراجع

- [1] Sen Wang Wei Wei Zhang Yang Sheng Wang .
"Fingerprint Classification by Directional Fields".
National Laboratory of Pattern Recognition.2000
- [2] D. Maio and D. Maltoni, "Direct Gray-Scale
Minutiae Detection in Fingerprints", *IEEE tPAMI*, v.
19, no. 1, 1997.
- [3] Reymond Thai .*Fingerprint Matching Thesis*,
Western of Australia University.2003
- [4] Maio and maltoni. *Handbook of fingerprint
recognition* ,
- [5] A. Jain, L. Hong and R. Boler, "Online Fingerprint
Verification", *IEEE trans, 1997, PAMI-19, (4), pp.*
302-314.
- [6] B. M. Mehtre and N. N. Murthy, "A minutia based
fingerprint identification system", *proc. 2nd Int.
Conf. Advances in Pattern Recognition and Digital
Techniques*, Calcutta 1986.
- [7] F. Pernus, S. Kovacic and L. Gyergyek, "Minutiae
based fingerprint recognition", *proc. 5th Int. Conf.
on Pattern Recognition*, pp. 1380-1382, 1980.
- [8] J. H. Wegstein, "An automated fingerprint
identification system", *U.S.A. Government
Publication*, Washington, 1982.
- [9] F. Galton, *Finger Prints*, Macmillan, London, 1892.
- [10] H.C. Lee and R.E. Gaensslen, *Advances in
Fingerprint Technology*, CRC Press, 1994.
- [11] B.M. Mehtre, "Fingerprint Image Analysis for
Automatic Identification", *Machine Vision and
Applications*, v. 6, no. 2-3, pp. 124-139, 1993.

¹ Chips