

# روش کد کردن آثار انگشت به کمک کامپیوتر

کریم فائز

دانشیار دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

حسین یعقوبزاده

دانشجوی فوق لیسانس معماری کامپیوتر دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

این مقاله به بررسی یکی از مهمترین الگوهای ساختاری که اثر انگشت می باشد، می پردازد. هدف این مقاله ارائه یک روش برای کد کردن یک اثر انگشت است. ابتدا تعاریف کلی در رابطه با اثر انگشت و ساختار آن مطرح شده و پس از آن یک روش برای کد نمودن یک اثر انگشت بررسی می شود. اثر انگشت ابتدا به یک ماتریس امتداد تبدیل می شود و سپس از این ماتریس برای کد کردن یک اثر استفاده می گردد. آنگاه با استفاده از این کد می توان به شناسایی یک اثر پرداخت.

## Coding Fingerprints by Computers

K. Faez, Associate Professor

Computer Eng. Dept. Amirkabir University of Technology

H. Yaghobzadeh, Graduate Student

Computer Eng. Dept. Amirkabir University of Technology

## ABSTRACT

*In this article, we Consider Fingerprints, as one of the main structural patterns. We intend to present a method for coding the fingerprints by computers. To do so, first we consider some general definitions regarding the fingerprints and their structures. Then we show how to convert a scanned fingerprint into a direction matrix. this matrix will be used to code the fingerprint to be used as a recognition tool.*

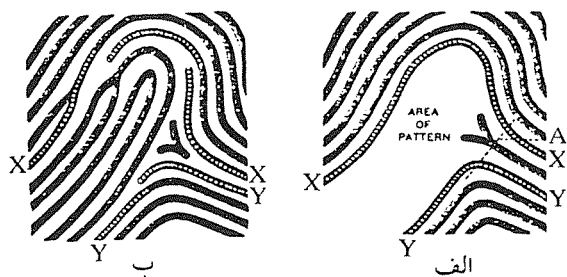
مقدمه:

در آن امتداد رگها در یک ناحیه مشخص ثابت می باشد. هر اثر انگشت دارای دو ویژگی مهم زیر است:

الف - تغییر ناپذیری: شکل و جزئیات اثر انگشت هر دو در تمام

الگوهای ساختاری، تصاویری هستند که در آنها تصویر به طور ناحیه ای دارای ساختار مشخص است [۱]. نمونه بارز این الگوها آثار انگشتان دست انسان می باشد. اثر انگشت شامل یک سری خطوط موازی با ضخامت تقریباً ثابت به نام رگه می باشد که

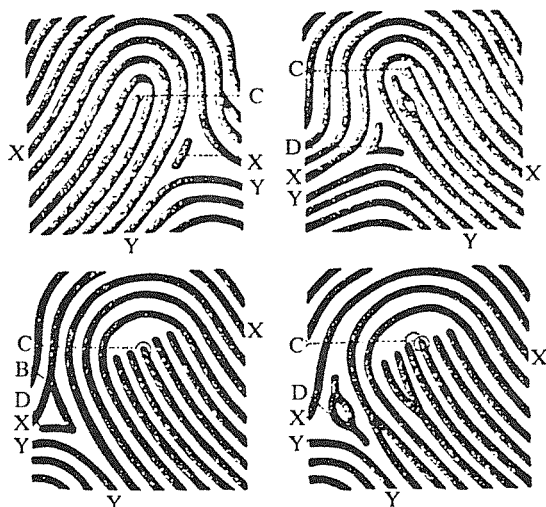
مدت زندگی ثابت می ماند.



شکل ۱ خطوط نشانه (Y, X)

می تواند به صورتهای نقطه، یک انتهای رگه، روی محل تقاطع دورگه و یا روی یک سه شاخه باشد.

۳ - نقطه قلب: این نقطه درحقیقت در مرکز منحنی واقع شده است. این نقطه درون یا روی داخلی ترین منحنی در یک اثر انگشت واقع شده است. نقطه قلب در محدوده با بیشترین انحناء واقع شده است، یعنی در محدوده نقطه قلب بیشترین تغییرات در امتداد رگه ها وجود دارد. شکل شماره ۲ نقاط قلب و دلتا را در چند اثر انگشت نشان می دهد.



شکل ۲ نمایش نقاط قلب و دلتا: D = دلتا و C = قلب

این دو نقطه (قلب و دلتا) نقاط بسیار مهمی هستند و با توجه به این دو نقطه می توان ویژگیهای دیگری نیز از قبیل فاصله بین این دو نقطه، تعداد رگه های موجود بین این دو نقطه و ... رانیز بدست آورد که در بخشهای بعدی به آنها اشاره می شود.

البته در هر اثر انگشت نقاط خصوصیت دیگری می توان یافت که نسبت به قلب و دلتا از اهمیت کمتری برخوردار هستند و از آنها نیز می توان در شناسائی یاری جست که بعضی از آنها عبارتند از:

ب - یکتائی: هیچ دو اثر انگشت در دنیا کاملاً مثل هم نیستند. این دو ویژگی باعث گردیده است که اثر انگشت در موارد بسیاری از جمله جرم شناسی به طور وسیعی مورد استفاده قرار گیرد.

در گذشته به دست آوردن ویژگیهای اثر انگشت در مورد جرم شناسی به طور دستی انجام می شده است ولی امروزه برای افزایش سرعت در به دست آوردن ویژگیها و همچنین جستجو برای یافتن اثر انگشت و بالارفتن دقت، در مقیاس وسیعی از کامپیوتر استفاده می گردد.

در این مقاله ابتدا به بررسی ویژگیها و خصوصیات آثار انگشتان پرداخته و سپس به بعضی جنبه ها و تکنیک ها در مسئله انگشت نگاری اشاره خواهد شد و در نهایت اطلاعات مورد نیاز برای کد کردن آثار انگشتان به کمک کامپیوتر مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

## ۱ - ویژگیهای کلی در آثار انگشتان

چون حجم اطلاعات هر اثر انگشت نسبتاً زیاد است بنابراین ذخیره کردن کلیه اطلاعات مقرون به صرفه نیست و حافظه وسیعی را اشغال می کند. از طرف دیگر ذخیره اطلاعات به صورت خام باعث می گردد که جستجو برای یافتن یک اثر انگشت معین بسیار طولانی شود که در این صورت مفید فایده نخواهد بود.

برای رفع مشکل فوق بایستی یک سری ویژگیهای اساسی هر اثر انگشت استخراج شده و این ویژگیها بجای خود اثر انگشت ذخیره گردد. چون این ویژگیها محدود می باشند بنابراین ذخیره آن به سهولت انجام می گیرد و جستجو نیز زمان کمی می گیرد. اینک به بررسی این ویژگیها می پردازیم.

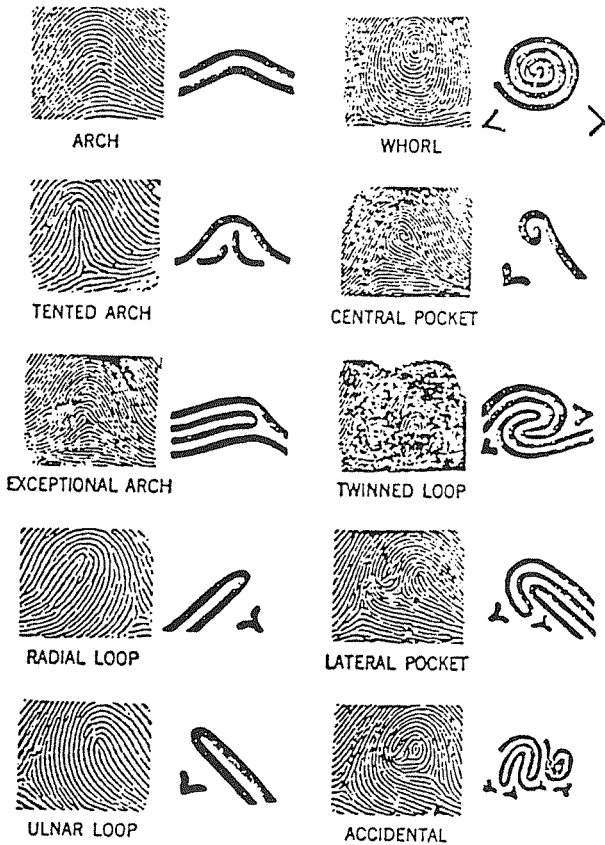
### الف - نقاط ویژگی در اثر انگشت

چند ویژگی در هر اثر انگشت وجود دارد که عبارتند از:

۱ - خطوط نشانه: اینها خطوطی هستند که قسمت اصلی الگو را تشکیل می دهند. این خطوط ابتدا به صورت موازی هستند و سپس از یکدیگر دور شده و دوباره به یکدیگر نزدیک شده و ناحیه اصلی را در هر اثر انگشت تشکیل می دهند. اگر روی خطوط نشانه قطع شدگی وجود داشت، روی رگه بیرونی ادامه داده می شود. شکل ۱ - الف و ب خطوط نشانه را در دو حالت نشان می دهد.

۲ - نقطه دلتا: دلتا نقطه ای است که در آن نقطه رگه ها از یکدیگر دور می شوند. در حقیقت دلتا نقطه ای در جلو یا روی نزدیکترین رگه به مرکز و اگر شدن خطوط نشانه می باشد. دلتا

دو شاخه یا چنگال، جزیره و انتهای رگه —



شکل ۳ نمای شماتیک به همراه خود تصاویر و نمونه‌های مختلف آثار انگشتان

از اطلاعات لازم برای شناسایی صدهزار اثر انگشت می‌باشد. معروفترین و متداولترین سیستم طبقه‌بندی به روش دستی، سیستم هنری می‌باشد که در آن با توجه به تعداد نمونه‌ها، مراحل طبقه‌بندی تا ۷ مرحله می‌تواند توسعه پیدا کند. در هر مرحله اطلاعات جدیدی بدست می‌آید که با این اطلاعات می‌توان به شناسایی پرداخت. در زیر به توضیح مختصری پیرامون یک روش که شباهت زیادی به سیستم هنری دارد، می‌پردازیم. در این روش برای طبقه‌بندی از سه مرحله استفاده می‌گردد و در هر مرحله از ترکیبی از علائم و حروف برای کد کردن و شناسایی استفاده می‌شود که ذیلاً هر یک از مراحل به اختصار مورد بررسی قرار می‌گیرد:

مرحله اول: در این مرحله فقط نقوش و رول در انگشتان دست چپ و راست مورد بررسی قرار می‌گیرد و به سایر نقوش توجهی نمی‌شود. در این روش انگشتان به ترتیب از یک تا ده شماره گذاری می‌شوند (دست راست و چپ) و برای هر انگشت در صورتی که نقش آن و رول باشد وزن معینی در نظر گرفته می‌شود و با توجه به این اوزان یک کد در این مرحله بدست

## ب - طبقات مختلف در آثار انگشتان

به طور کلی می‌توان آثار انگشتان را در سه دسته اصلی طبقه‌بندی نمود:

۱ - آرچها: در این نقوش رگه‌ها از یک طرف تصویر وارد شده و از طرف دیگر تصویر خارج می‌شوند، بدون اینکه به عقب پیچ خورده باشند. خصوصیت اصلی این نقوش این است که دارای دلتا نمی‌باشند و به دو دسته آرچ معمولی و آرچ خیمه‌ای تقسیم می‌شوند. تفاوت آرچ معمولی و آرچ خیمه‌ای در این است که در آرچ خیمه‌ای یک یا چند رگه در وسط تصویر به طور عمودی بالا می‌رود و تصویری شبیه به تیرک یک خیمه ایجاد می‌کند و بقیه رگه‌ها در اطراف این رگه یا رگه‌ها قرار دارند. ۲ - لوپها: در لوپها یک یا چندین رگه از یک طرف داخل شده و دوباره از همان طرف خارج می‌شوند. خصوصیت مهم این تصاویر داشتن یک دلتا و یک قلب می‌باشد و این تصاویر نیز به دو دسته لوپ چپ و لوپ راست تقسیم می‌شوند که در اولی دهانه لوپ به سمت چپ و در دومی بالعکس می‌باشد.

۳ - ورلها یا گردابها: اینها نیز نقوشی هستند که از لحاظ هندسی نامنظم بوده و عموماً بیش از یک دلتا دارند و معمولاً در این نقوش یک گردش کامل وجود دارد و این نقوش نیز به دسته‌های ورل ساده، سنترال پاکت، لوپ دوقلو و ورل استثنایی تقسیم می‌شوند که در سنترال پاکت (pocket) در وسط تصویر یک گردش کامل و یک دایره بسته شبیه به پاکت ایجاد می‌شود و لوپ دوقلو نیز به صورت دو تالوپ می‌باشد که دهانه آنها مخالف یکدیگر می‌باشد.

خصوصیت مهم ورلها در این است که در آنها عموماً بیش از یک دلتا وجود دارد. در شکل شماره ۳ طبقات ذکر شده از این تصاویر ملاحظه می‌شود. نکته قابل ذکر این که تقسیم‌بندی ذکر شده منحصر به فرد نیست و در مقالات و مراجع مختلف این دسته‌بندی به صورتهای گوناگون انجام می‌گیرد ولی سه دسته اصلی و اساسی آرچها، لوپها و ورلها در همه جا مراعات می‌شود. براساس نتایج آماری ۶۵٪ از نقوش مربوط به اثر انگشت شامل لوپها، ۳۰٪ مربوط به ورلها و ۵٪ باقیمانده را آرچها تشکیل می‌دهند.

## ۲ - طبقه‌بندی آثار انگشتان به روش دستی [۲]

در این روش با توجه به تعداد نمونه‌ها و حجم اطلاعات مراحل متفاوتی برای کد کردن و شناسایی افراد طی می‌شود و این بدان معنی است که هرچه تعداد نمونه‌ها بیشتر شود، نیاز به اطلاعات بیشتری جهت شناسایی افراد احساس می‌شود. مثلاً اطلاعات لازم برای شناسایی ده اثر انگشت از ده نفر خیلی کمتر

می آید.

مرحله دوم: در این مرحله فقط از انگشتان سبانه دست راست و چپ استفاده می شود و از یک حرف که نشان دهنده نوع نقش در هر یک از انگشتان چپ و راست می باشد، استفاده می شود. مرحله سوم: در این مرحله از اطلاعات و مشخصات ریزتری راجع به بعضی از انگشتان (سبانه، وسطی و انگشتر) برای طبقه بندی استفاده می شود. و از اطلاعات مربوط به شمارش خطوط و تعقیب رگه ها در این انگشتان استفاده می شود.

### ۳ - محاسبه امتداد رگه ها

همانطور که قبلاً ذکر شد از مهمترین خصوصیت الگوهای ساختاری، امتداددار بودن آن می باشد. یعنی عمده اطلاعات مربوط به یک تصویر، جهت رگه هر نقطه از تصویر می باشد. بنابراین با بدست آوردن امتداد رگه ها در این تصاویر، اطلاعات زیادی راجع به تصویر در اختیار خواهیم داشت.

نکته مهم و قابل توجه در این تصاویر این است که عموماً تغییرات امتداد رگه ها سریع و ناگهانی نیست و بلکه در اکثر نواحی به آرامی صورت می گیرد. بنابراین نقاط همسایه تقریباً دارای یک امتداد می باشند. این خاصیت سبب می شود که بتوانیم امتداد رگه ها به صورت بلوکی محاسبه کرده و سپس این امتداد را به عنوان امتداد متوسط به کلیه نقاط واقع در بلوک نسبت دهیم با ذخیره این امتدادها قسمت عمده اطلاعات راجع به تصاویر را در اختیار خواهیم داشت.

نکته مهم در بدست آوردن امتداد به صورت بلوکی، انتخاب مناسب طول بلوک می باشد. لذا هر بلوک باید طوری انتخاب گردد که اولاً تصویر در داخل بلوک امتداددار باشد و ثانیاً همه نقاط واقع در آن بلوک دارای همان امتداد متوسط و غالب باشند. اینک به بررسی چند روش برای بدست آوردن جهت در هر بلوک می پردازیم.

امتداد) یکی از هشت پنجره جهت دار مطابق شکل ۴ را در نظر می گیریم. حال در داخل هر بلوک این پنجره در امتداد عمود بر امتداد پنجره حرکت داده می شود. فرض می کنیم جهت حرکت پنجره  $d$  و محل پنجره  $P$  باشد. در این صورت با حرکت دادن پنجره در جهت  $d$  و کانوالو کردن پنجره با المانهای تصویر، توزیع متوسط سطوح خاکستری نقاط یعنی  $f_{ii}(P)$  به دست می آید. در صورتی که امتداد پنجره دقیقاً همان امتداد رگه باشد، با حرکت دادن پنجره در جهت عمود بیشترین تغییرات را در شدت متوسط روشنایی خواهیم داشت. بنابراین امتدادی که بیشترین واریانس را ایجاد می کند، به عنوان امتداد بلوک در نظر گرفته می شود.

در حالتی که امتداد پنجره همان امتداد رگه باشد  $f_{ii}(P)$  حالت موجی پیدا می کند و در صورتی که امتداد پنجره عمود بر امتداد رگه باشد،  $f_{ii}(P)$  تقریباً یکنواخت می شود. به کمک همین مسئله می توان زمینه را نیز جدا کرد. چون در قسمت زمینه  $f_{ii}(P)$  در تمام جهات یکنواخت می باشد.

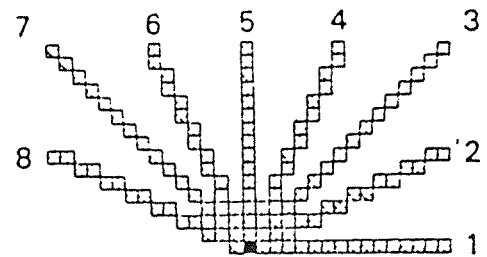
### ب - تعیین امتداد به کمک ریز الگوهای مرزی [۴]

در این روش برای بدست آوردن امتداد از روش تطبیق قالب استفاده می شود. در این روش پنج مجموعه ریز الگو مطابق شکل ۵ در نظر گرفته می شود.

ریز الگوهای ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ به ترتیب متناظر با زوایای صفر، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و "تعریف نشده" می باشند. در این روش تعداد ریز الگوها در هر بلوک بدست می آید و برای ایجاد تعادل و تصحیح، تعداد ریز الگوها در دو امتداد ۴۵ و ۱۳۵ بر ۲ تقسیم می شوند. بنابراین برای هر یک از امتدادها وزنی بدست می آید که با متوسط گیری وزنی این امتدادها می توان امتداد غالب در بلوک را بدست آورد.

### الف - محاسبه امتداد به کمک یک پنجره جهت دار [۳]

در این روش برای تعیین امتداد در یک بلوک (یکی از ۸



شکل ۴ پنجره جهت دار

نوع ۱	
نوع ۲	
نوع ۳	
نوع ۴	
نوع ۵	

شکل ۵ ریز الگوهای پنجگانه

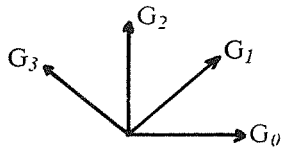
$$G_2 = \sum_{k=-n/2}^{n/2} \sum_{J=-n/2}^{n/2} |S(x+J+1, y+k) - S(x+J, y+k)|$$

امتداد  $\theta$  که به این ترتیب محاسبه می شود عمود بر امتداد رگه است. بنابراین برای بدست آوردن امتداد رگه کافی است که به جای رابطه  $\theta = \text{tg}^{-1} \frac{G_2}{G_0}$  از رابطه  $\theta = \text{tg}^{-1} \frac{G_0}{G_2}$  استفاده کنیم.

این روش بسیار مطمئن می باشد و مقدار دقیق  $\theta$  را به ما می دهد. اشکال این روش این است که با توجه به استفاده از قدر مطلق تغییرات شدت روشنایی در محاسبه  $\theta$ ، به ازای زوایای مکمل، امتداد واحدی بدست می آید. به عنوان مثال فرض کنیم امتداد ۱۲۰ درجه باشد. به علت اینکه قدر مطلق  $\Delta x$  و  $\Delta y$  هر دو مثبت هستند:

$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{\Delta x}{\Delta y} = 60^\circ$$

برای رفع این مشکل می توان گرادیان را در دو جهت عمود دیگر نیز بدست آورد:



و به کمک این دو جهت عمود بر هم می توان مقدار واقعی  $\theta$  را به دست آورد:

$$\theta = \begin{cases} \text{tg}^{-1} \frac{G_0}{G_1} & \text{if } G_1 < G_3 \\ \pi - \text{tg}^{-1} \frac{G_0}{G_2} & \text{if } G_1 > G_3 \end{cases}$$

یعنی به کمک دو گرادیان  $G_1$  و  $G_3$  و مقایسه آنها با یکدیگر می توان فهمید که زاویه امتداد حاده یا منفرجه می باشد. در میان روشهای فوق الذکر روش گرادیان هم دقیق است و هم از سرعت کافی برخوردار است، بنابراین در این مقاله برای محاسبه امتداد رگه ها از این روش استفاده گردیده است.

#### ۵ - طبقه بندی اثر انگشت به کمک کامپیوتر

همانطور که قبلاً توضیح داده شد مهمترین ویژگی اثر انگشت امتداددار بودن آن است. در روش مورد بحث در حقیقت از این ویژگی استفاده شده است. [۴]

برای این منظور ماتریس امتدادها را به یکی از روشهایی که در قسمت قبل بررسی شد بدست می آوریم. ماتریس امتداد خود دارای مقدار زیادی زوایا است و بنابراین می بایست اطلاعات

#### ج - تعیین امتداد به کمک طیف انرژی [۵]

می دانیم مقدار انرژی A.C. در جهت عمود بر امتداد رگه بیشترین مقدار خود را خواهد داشت. می توان انرژی AC را در جهات مختلف بدست آورد و جهتی که بیشترین انرژی را دارد را امتداد عمود بر امتداد رگه در نظر گرفت.

برای افزایش سرعت و دقت، انرژی را در سه جهت  $\theta \in \{0, \pi/3, 2\pi/3\}$  بدست می آوریم. در عمل می توان به جای انرژی AC از حاصل جمع قدر مطلق تفاضل شدت روشنایی المانهای مجاور استفاده کرد. مثلاً برای جهت  $\theta=0$  وزن  $\rho$  به صورت زیر تعریف می شود:

$$\rho(\theta = 0) = \sum_{x=x_A}^{x_B} \sum_{y=y_A}^{y_B} |S(x,y) - S(x,y-1)|$$

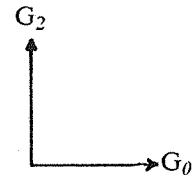
نقطه A ابتدای بلوک و نقطه B انتهای بلوک می باشد.

ملاحظه می شود که در جهت عمود بر امتداد رگه ها مقدار  $\rho$  بیشترین مقدار خود را داراست، چون بیشترین تغییر در شدت روشنایی را داریم و در امتداد رگه ها  $\rho$  کمترین مقدار خود را دارا می باشد. بنابراین یک تناظر بین  $\rho$  و توان AC وجود دارد.

#### د - روش گرادیان در دو جهت عمود بر هم:

در این روش گرادیان شدت روشنایی در دو امتداد عمود بر هم بدست می آید و با توجه به این دو مقدار، امتداد برای هر نقطه بدست می آید.

$$\begin{aligned} G_2 &= S(x,y+1) - S(x,y) \\ G_0 &= S(x+1,y) - S(x,y) \\ \theta &= \text{Arctg} \frac{G_2}{G_0} \end{aligned}$$



البته این امتداد برای یک نقطه است و مقدار آن نیز زیاد مطمئن نیست زیرا با مختصر نویزی شدت روشنایی یک نقطه تغییر کرده و در نتیجه  $G_2$  و  $G_0$  تغییر می کند و امتداد بدست آمده قابل اطمینان نیست و از طرف دیگر هدف بدست آوردن امتداد برای یک بلوک است بنابراین گرادیان در دو جهت عمود را به ازای تعداد زیادی نقطه بدست می آوریم و برای اینکه اختلاف شدت روشنایی هنگام عبور از رگه به شیار، با اختلاف شدت روشنایی هنگام عبور از شیار به رگه، اثر یکدیگر را خنثی نکنند. از قدر مطلق استفاده می شود. با این تغییر مقدار  $G_0$  و  $G_2$  به صورت زیر بدست آورده می شود:

$$G_0 = \sum_{k=-n/2}^{n/2} \sum_{J=-n/2}^{n/2} |S(x+J,y+k+1) - S(x+J,y+k)|$$

در شکل ۷-الف یک اثرانگشت نشان داده شده است که توسط یک اسکنر با دقت ۳۰۰ bPI نمونه برداری شده است. این تصویر دیجیتال شده دارای ۲۷۵x۲۷۵ پیکسل می باشد. شکل ۷-ب ماتریس امتداد و شکل ۷-ج ماتریس امتداد کد شده را نشان می دهد. برای وضوح بیشتر شکلها فقط یکهای آنها نوشته شده اند.

حال با توجه به اینکه الگوی اثرانگشت دارای تغییرات ناگهانی در امتداد نمی باشد بایستی عمل نرم سازی روی الگوی ایجاد شده انجام گیرد تا ماتریس امتداد کد شده معرف الگوی اثرانگشت باشد. به عنوان مثال محلهائی که در شکل ۸-ج با دایره نشان داده شده اند، حالتهاى ناخواسته ایجاد شده روی الگو را نشان می دهد. این حالتها جزو الگوی اثرانگشت نبوده و بایستی تصحیح شوند. [۷]

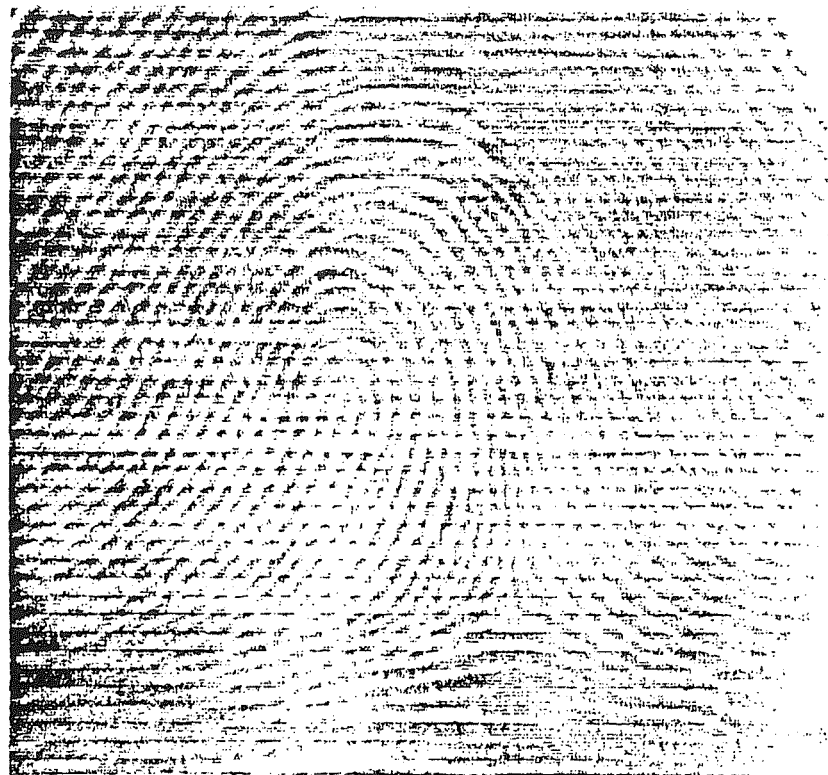
برای مثال تغییر زاویه از صفر به ۱۳۵ درجه را در نظر می گیریم. الگوی مربوطه می بایستی به صورت شکل ۸-الف باشد ولی در ماتریس امتداد کد شده، شکل ۸-ب را خواهیم داشت.

این ماتریس به نحو مناسبی فشرده شود. در حقیقت اطلاعات عمده در مقدار اختلاف امتداد هر بلوک با بلوکهای مجاور نهفته است و همین تغییر امتداد از یک بلوک به بلوک دیگر الگوهای متنوعی را در هر اثرانگشت ایجاد می کند. بنابراین لازم است که ماتریس امتداد را به طرز مناسبی کد نمائیم تا از روی آن بتوانیم الگوی مربوط به هر اثرانگشت را بدست آوریم. برای این کار لازم است که ابتدا ماتریس امتداد را طوری کد نمائیم که تناظر یک به یک بین ماتریس کد شده و الگوی موجود در اثرانگشت وجود داشته باشد. در این روش کافی است امتداد را در چهار جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه محاسبه نمائیم. برای کد کردن ماتریس امتداد، هر امتداد با یک ماتریس ۳x۳ مطابق شکل ۶ جایگزین می شود.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

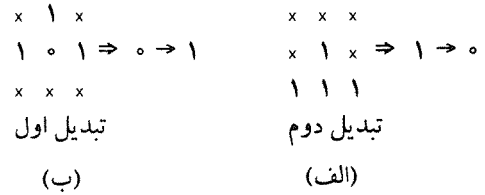
صفر درجه      ۴۵ درجه      ۹۰ درجه      ۱۳۵ درجه

شکل ۶ ماتریسهای ۳x۳ تناظر با زوایای نشان داده شده



شکل ۷ الف تصویر اثر انگشت لوپ چپ





شکل ۹ تبدیل‌های انجام شده بر روی ماتریس گذشته

برای ما حائز اهمیت است. بنابراین نقاط شروع و انتهای هر الگو و نقاطی که تغییر امتداد دادیم را با یک حرف مطابق شکل ۱۰ جایگزین می‌نمائیم. یعنی بجای هر کدام از یکهای مرکزی یک حرف قرار می‌دهیم. (این حروف در سمت راست هر شکل و ارتباط یکهای هر شکل در زیر آن نشان داده شده است). ماتریس امتداد کد شده بعد از جایگزینی یکهای مرکزی با حروف در شکل ۷-ه نشان داده شده است.

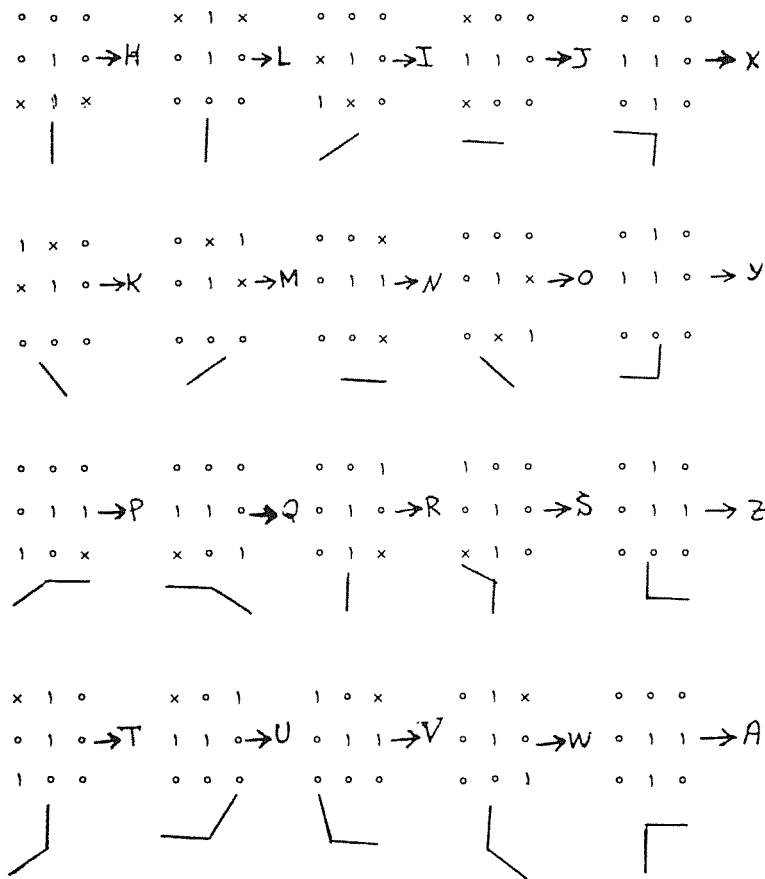
در مرحله آخر باید این ماتریس را جاروب نمائیم. برای این کار از یک حرف ابتدائی شروع کرده و در مسیر یکجا حرکت می‌نمائیم و الگو را ادامه می‌دهیم تا به یک حرف انتهائی برسیم و چون تغییر امتدادها برای ما مهم است، بنابراین می‌توان از نوشتن یکهای میانی خودداری نمود. به عنوان مثال برای همان اثر انگشت شکل ۷ الگوهای زیر بدست می‌آید:

KQPM, OXK, MPQK, OVJ, MPXTM, JPM

از بین الگوهای ایجاد شده باید کلاس تصویر را بیایم. برای

یک که با دایره مشخص شده‌اند، عوض شده و الگوی مورد نظر حاصل شود. شکل ۷-د ماتریس امتداد کد شده مربوط به شکل ۷-الف را پس از اعمال تبدیل نشان می‌دهد. ابتدا تبدیل اول در روی ماتریس انجام شده و پس از آن تبدیل دوم اعمال می‌گردد.

حالا یکهایی که باهم ارتباط دارند در حقیقت الگوهای موجود در شکل را بیان می‌کنند و می‌توان این اطلاعات را به نحو مناسب کد کرد. همانطور که قبلاً ذکر شد تغییر امتداد در شکل



شکل ۱۰ جایگزین کردن یکهای مرکزی با حروف



- اگر در الگو دو زاویه قائمه وجود داشته باشد، متعلق به لوپ است.

و در نهایت اگر بیش از دو زاویه قائمه در الگو وجود داشت متعلق به ورلها می باشد.

در این روش در حقیقت ماتریس امتداد را کد نموده و اطلاعات اساسی آن را با مجموعه ای از حروف بیان نموده ایم. به این ترتیب ما می توانیم هر اثرانگشت را در ده کلاس اصلی طبقه بندی نماییم که هر کلاس اصلی شامل چندین کلاس فرعی می باشد.

حال با توجه به اطلاعات فوق که برای ده انگشت دست هر فرد بدست می آید می توان برای هر فرد یک کد تعیین نمود. نکته قابل توجه در روش ارائه شده آن است که اندازه بلوک تأثیر چندانی در تشخیص الگو ندارد. البته واضح است که اگر اندازه بلوک خیلی کوچک باشد، اولاً حجم محاسبات خیلی افزایش می یابد و ثانیاً احتمال دارد بعضی الگوهای ناخواسته ایجاد شود. نتایج آزمایشات نشان می دهد که اندازه بلوک  $30 \times 30$  یا  $25 \times 25$  مناسب می باشد.

برای اینکه بتوان اطلاعات دقیق تر و ریزتری مربوط به خود شکل یک اثرانگشت را در اختیار داشته باشیم می توان از اطلاعات دیگری نیز مربوط به خود تصویر استفاده نماییم که ذیلاً به بعضی از آنها اشاره می شود:

- ۱- مختصات نقاط قلب و دلنا
  - ۲- فاصله بین نقاط قلب و دلنا
  - ۳- شمارش تعداد رگه های موجود بین قلب و دلنا
  - ۴- استفاده از خط بند انگشت و یافتن زاویه بین خط و اصل نقاط قلب و دلنا و خط عمود از نقطه قلب به خط بند انگشت
  - ۵- فاصله نقطه قلب تا نقطه پای خط عمود
  - ۶- نقاط انتهایی رگه و دو شاخه در یک تصویر
- نمونه ای از این خصوصیات در شکل شماره ۱۱ ملاحظه می شود.

با کمک اطلاعات فوق می توان اطلاعات منحصر به فرد هر انگشت را یافته و در یک فایل ذخیره نموده و از آن در جهت شناسائی یاری جست.

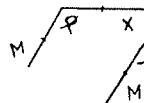
## ۶- نتیجه گیری

در این مقاله طبقات اصلی موجود در اثرانگشت و نحوه تعیین این طبقات به کمک کامپیوتر مورد بررسی قرار گرفت برای طبقه بندی اثرانگشت ابتدا رگه ها و شیارهای موجود در هر اثرانگشت شناسائی شده و سپس کد می شوند آنگاه با بررسی این کدها و در نظر گرفتن اولویت های معینی برای طبقات مختلف سعی می شود که کلاس هر اثرانگشت شناسائی شود. از آنجا که طبقات تعریف شده در این مقاله ممکن است

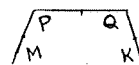
این کار باید الگوهای مربوط به کلاسهای مختلف را قبلاً ذخیره نماییم تا بتوانیم از مقایسه الگوهای حاصل شده از جاروب کردن هر تصویر و الگوهای از قبل ذخیره شده کلاس تصویر را تشخیص دهیم. به عنوان مثال الگوهای که بیانگر لوپ چپ می باشند به صورت زیر بیان می شوند:

MPXTM, MPXYN, NUPXTM, NUPXYN

عکس رشته های فوق نیز (مثل MTXPM) معرف لوپ چپ می باشند. با توجه به الگوهای شکل ۱۰ شکل حاصل از الگوی MPXTM به صورت زیر می باشد.



این الگو معرف لوپ چپ می باشد و یا الگوی MPQK که به صورت زیر می باشد معرف یک آرچ است.



از مطالعه رشته های بدست آمده از جاروب کردن تصویر در بالا ملاحظه می شود که این الگوها شامل چندین الگوی قابل قبول می باشند. بنابراین برای انتخاب کلاس مورد نظر می بایست یک اولویت قائل شویم که این اولویت به شرح زیر می باشد:

پس از یافتن الگوهای قابل قبول ابتدا الگوی مربوط به کلاس ورل را در نظر می گیریم و سپس الگوی مربوط به لوپ و در انتها الگوی مربوط به آرچ بررسی می شود. یعنی اگر در یک تصویر هم الگوی ورل و هم الگوی لوپ وجود داشت، آن تصویر به صورت ورل تشخیص داده می شود و چون تقریباً در تمام تصاویر الگوی آرچ وجود دارد، آرچ را در آخرین مرحله بررسی می نماییم. بنابراین الویت به صورت زیر مطرح می شود:

آرچ → آرچ خیمه ای → لوپ → ورل → لوپ دو قلو

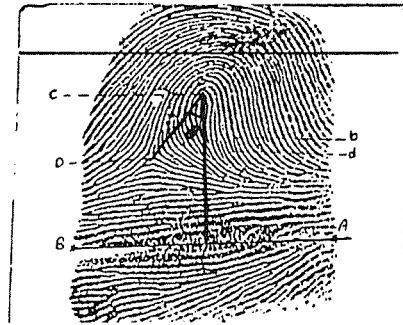
بنابراین با توجه به اولویت های فوق، کلاس اثرانگشت شکل ۷- الف برابر لوپ چپ می باشد. البته به کمک تعداد زوایای  $90^\circ$  که در هر پترن وجود دارد نیز می توان تعیین کرد که شکل به کدام گروه تعلق دارد و به این ترتیب می توان قاعده زیرین را وضع کرد:

- اگر در الگو زاویه  $90^\circ$  وجود نداشت، الگو متعلق به گروه آرچ است.
- اگر در الگو یک زاویه  $90^\circ$  وجود داشت، الگو متعلق به آرچ خیمه ای است.

پاسخ گوی یک جامعه نسبتاً پرجمعیت نباشد می توان هر کلاس را خود به طبقات فرعی دیگری تقسیم کرد و با در نظر گرفتن این نکته که اثر ده انگشت هر فرد در یک طبقه واحد قرار نمی گیرد، می توان با در نظر گرفتن این طبقات فرعی اثر انگشت هر فرد را در یک طبقه منحصر به فرد طبقه بندی نمود.

روش ارائه شده در این مقاله بر روی یک اثر انگشت که در شکل ۸- الف نشان داده شده است اعمال شده و طبقه آن بصورت لوپ چپ شناسائی شده است. البته در این شناسائی ورودی بدون نویز فرض شده و تلاشی در جهت حذف نویز در تصویر ورودی صورت نگرفته است.

**کلمات کلیدی:** اثر انگشت، ماتریس امتداد، نقاط ویژگی، شناسائی، کد کردن و الگوی ساختاری



شکل ۱۱ نمونه ای از یک تصویر لوپ به همراه خصوصیات لوپ. A و B نقاط پائین بند انگشت، CH خط عمود که به صورت دستی تعیین شده اند. C و D نقاط قلب و دلتا. فاصله CD، فاصله CH،  $\theta$  زاویه بین خط DC و خط عمود CH، تعداد رگ های موجود بین نقاط C و D، نقاط b و d به عنوان دوشاخه و انتهای رگ.

**مراجع:**

- 1- "A Syntactic Approach to Fingerprint Pattern Recognition", by B. Moayer and K.S. Fu., Pattern Recognition, Vol.7, Dec 1975, PP210-233.
- 2- Practical Fingerprinting, by B.C. Bridges, FUNK & WAGNAIIS COMPANY, N.Y., 1976.
- 3- "A Restoration Algorithm of Finger Print Images", by O. Nakumura, Yoshihiro, System & Computer In Japan, Vol 17, No.6 1986, Tokyo, PP221-234.
- 4- "Fingerprint Pattern Classification", by M. Kawagoe and A. Tojo, Pattern Recognition, Vol 17. No.3, 1984, PP294-303.
- 5- "An Approach to Fingerprint Filter Design", by L. O'Gorman, Pattern Recognition, Vol 22, No.1, 1989, PP29-38.
- 6- "Type Classification of Fingerprint : A Syntactic Approach", by K. Rao, and K.Black, IEEE PAMI, Vol PAMI-2 No.3, May 1980, PP223-231.
- ۷- کد کردن الگوهای ساختاری توسط آقای حسین یعقوب زاده، پایان نامه پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، پائیز ۱۳۷۱