

کاربرد تبدیل ویولت در شناسایی و تأیید

هویت براساس ویژگیهای عنبیه

منصور وفادوست
استادیار

فردوس فرمند
کارشناسی ارشد

محمد حسن مرادی
استادیار

دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

در این مقاله یک روش اصلاح یافته جهت شناسایی افراد براساس ویژگیهای عنبیه با استفاده از تبدیل ویولت معرفی می‌گردد. در این روش از نقاط عبور از صفر تبدیل ویولت برای استخراج ویژگیهای منحصر به فرد عنبیه استفاده می‌شود. پردازش شامل دو مرحله است. در مرحله اول اطلاعات سطوح خاکستری عنبیه بصورت سیگنالهای یک بعدی استخراج می‌گردند و نمایش عبور از صفر تبدیل ویولت آنها ایجاد می‌گردد. در مرحله دوم عمل مقایسه عنبیه‌های مشابه و متفاوت براساس ویژگیهای استخراج شده در مرحله قبل صورت می‌گیرد. در این روش از چند سطح رزولوشن میانه تبدیل ویولت استفاده می‌گردد که از نظر محاسباتی مقرون به صرفه است و کمتر تحت تاثیر نویز قرار می‌گیرد. از نگاشت تصاویر عنبیه به مختصات قطبی بدون بعد دو گانه جهت جبران تغییرات اندازه عنبیه و مردمک در تصاویر که بدلیل تغییر فاصله صورت تا دوربین پدید می‌آید استفاده می‌گردد. روش پیشنهاد شده بر روی تصاویر حقیقی در شرایط عادی و در حضور نویز آزمایش شده است. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که الگوریتم پیشنهاد شده بدون خطا، قادر به طبقه بندی و شناسایی عنبیه‌های موجود در پایگاه داده‌های ما بوده است.

کلمات کلیدی

عنبیه، تبدیل ویولت دوتایی، نقاط عبور از صفر، تابع عدم شباهت

Application of Wavelet Transform in Identification of People Based on Their Iris Features

F. Farmand
M. Sc Student

M. Vafaadust
Assistant professor

M. H. Moradi
Assistant professor

Biomeldical Engineering Department,
Amirkabir University of Technology

Abstract

In this article an improved procedure to identify people based on their iris features is proposed. These features are obtained from zero crossing of wavelet transform. The procedure has two steps. In the first of

which, the gray level information of irises are extracted as one dimensional signals and representation of their zero crossing are produced. In the second step, different irises are compared. To have computational efficiency and to be immune of noise, several level of wavelet transform in the mid band have been used. To make iris images independent of the location of camera, they have been mapped to the double and dimensionless polar coordinate system. The proposed procedure has been applied on our image bank which contains both original and noisy images. The results show that our proposed procedure is able to identify people in our data bank without any error.

Keywords

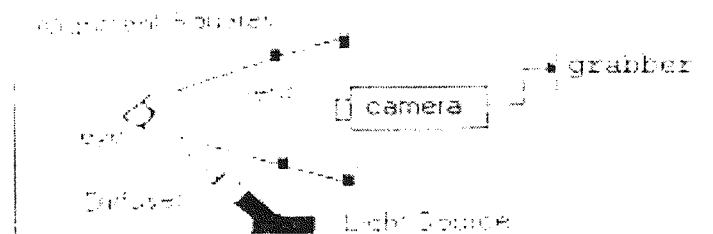
Iris, Dyadic Wavelet Transform, Zero-crossings, Dissimilarity Function

مقدمه

امروزه نیاز به وسایل قابل اطمینان، سریع و غیر تهاجمی جهت تشخیص خودکار هویت به شکل قابل توجهی افزایش یافته است. تکنیک‌های کامپیوتری که برای شناسایی افراد از اثر انگشت، چهره، شبکه مویرگی شبکیه، هندسه کف دست و غیره استفاده می‌کنند، کاربردهای فراوانی بخصوص در زمینه‌های امنیتی دارند. اما بسیاری از این روشها در عمل تواناییهای محدود در شناسایی ویژگیهای پیچیده دارند. برخی از روشها مستلزم تماس با بدن شخص هستند و برخی دیگر هزینه‌های بالایی دارند. بعلاوه در برخی از روشها احتمال تقلب و به اشتباه انداختن سیستم بیشتر است. روشی که اخیراً بیشتر از سایر روشها مورد توجه قرار گرفته، شناسایی افراد از روی خصوصیات موجود در عنبیه آنهاست. علت استفاده از عنبیه بعنوان یک شاخص بیومتریک، منحصر به فرد بودن، غنی بودن از لحاظ ویژگی، عدم تأثیر اشیاء خارجی بر آن و قابلیت نفوذ ژنتیکی محدود است. بررسی‌ها نشان داده که حتی دو قلوهای مساوی دارای الگوی عنبیه متفاوت هستند و احتمال یافتن دو فرد با الگوی عنبیه مساوی تقریباً صفر است. از طرفی به رمز درآوردن ویژگیهای عنبیه و تصمیم‌گیری برپایه آن به راحتی صورت می‌پذیرد.

۱- ساختار عنبیه و تصویر برداری از آن

کلمه Iris (عنبیه) در دوران کلاسیک به معنای رنگین کمان بوده است. اما بعدها برای نامیدن بخش رنگی سطح بیرونی چشم بکار رفته است. عنبیه قسمتی از چشم است که به آن رنگ می‌بخشد. بسته به مقادیر رنگدانه‌ای داخل عنبیه که ملنین نامیده می‌شوند، رنگ چشم بین آبی روشن تا قهوه‌ای تیره متغیر است. جزئیات مربوط به لایه‌های تشکیل دهنده عنبیه در [۱] آمده است. یکی از مهمترین بخشها در تشخیص خودکار هویت از طریق عنبیه، بدست آوردن تصاویری واضح و با کیفیت بالا از عنبیه است. تصویر برداری باید بدون هیچگونه محدودیت و تماس با بدن شخص انجام شود. نکته دیگر داشتن یک کنتراست خوب در داخل الگوی عنبیه بدون تقویت سطح روشنایی منبع نور است تا سبب آزار شخص نشود. همچنین تداخلات حاصل از انعکاس نور در تصاویر باید تا حد ممکن حذف شوند. دو سیستم پایه در این زمینه، سیستمهای معرفی شده توسط [۲] Daugman و [۱] Wildes هستند. شکل (۱) یک طرح ساده از سیستم تصویر برداری عنبیه را نشان می‌دهد.



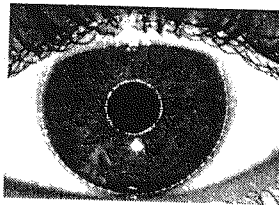
شکل (۱) سیستم تصویر برداری از عنبیه [۳].

۲- مکان یابی عنیبه

آنالیز عنیبه با مکان یابی مرز درونی و بیرونی آن آغاز می‌گردد. با توجه به حجم محاسبات کمتر و کاربرد ساده‌تر الگوریتم معرفی شده توسط [۲] Daugman جهت مکانیابی عنیبه پیاده‌سازی گردید. از آنجا که عنیبه خصوصیات هندسی دایروی مناسبی دارد، می‌توان از اپراتور مشتق - انتگرال استفاده کرد که بر روی تصاویر ورودی اعمال می‌گردد و حوزه تصویر را برای یافتن ماکزیمم مشتق جزئی فیلتر شده انتگرال کانتور نرمالیزه شده $I(x,y)$ در راستای کمان ds از شعاع r و مختصات مرکز (x_0, y_0) طبق رابطه زیر جستجو می‌کند:

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \int_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (1)$$

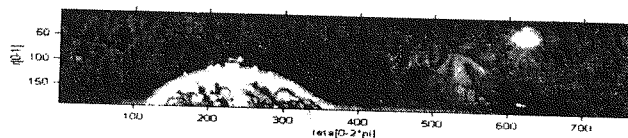
$G_{\sigma}(r)$ یک تابع همواره کننده مانند تابع گوسی با انحراف معیار σ است. روش پیاده سازی سریع و گسسته رابطه (۱) توسط [۲] Daugman شرح داده شده است. الگوریتم مکانیابی پیاده سازی شده به این ترتیب عمل می‌کند که ابتدا مرز مردمک تعیین می‌گردد. سپس در فضایی مناسب حول مرکز مردمک و بیرون از مرز آن، مرز بین عنیبه و صلیبه جستجو می‌شود. در پیاده سازی این الگوریتم، تعیین مقادیر σ ، گام حرکت در راستای شعاعی و نمونه برداری زاویه‌ای، در دقت و سرعت تخمین مرزها بسیار مؤثرند. جستجوی شبکه‌ای به جای جستجو در کل فضا به منظور رسیدن به سرعت بالاتر صورت می‌گیرد. شکل (۲) نمونه‌ای از تصویر بخش بندی شده عنیبه را که در آن مرز درونی و بیرونی عنیبه به خوبی آشکار گردیده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل (۲) مکان یابی عنیبه.

۳- سیستم مختصات قطبی بدون بعد دوگانه

بواحی تحت آنالیز در سیستم مختصات قطبی بدون بعد دوگانه، بر روی عنیبه انتخاب می‌شوند [۲]. هدف از انجام این کار، دستیابی به یک مرجع ثابت مشخص بدون توجه به تغییرات اندازه مردمک، تغییرات اندازه کلی تصویر و بنابراین عدم توجه به فاصله چشم تا دوربین است. در این سیستم به هر نقطه عنیبه یک جفت مختصات حقیقی (r, θ) اختصاص داده می‌شود که r در فاصله بین $[0, 1]$ فرار دارد و θ بین $[0, 2\pi]$ تغییر می‌کند. در نگاشت تصاویر به مختصات قطبی بدون بعد دوگانه، بدون توجه به اندازه عنیبه و مردمک درون تصاویر، r معرف مرز مردمک و θ معرف مرز بین عنیبه و صلیبه است. شکل (۳) تصویر نگاشت یافته شکل (۲) به مختصات قطبی بدون بعد دوگانه را نشان می‌دهد. محور افقی θ بین $[0, 2\pi]$ و محور عمودی r بین $[0, 1]$ است.



شکل (۳) تصویر نگاشت یافته شکل (۲).

عمل بعدی، استخراج یک مجموعه از سیگنالهای یک بعدی از تصاویر نگاشت یافته عنبیه است. هر سیگنال استخراج شده از این تصاویر، حاوی اطلاعات سطوح خاکستری یکی از دواپر تشکیل دهنده عنبیه است و بعنوان اطلاعات اولیه جهت استخراج ویژگی بکار می‌رود. قبل از اعمال تبدیل ویولت دوتایی بر روی سیگنال، یک مقدار N بعنوان طول سیگنال انتخاب می‌گردد که یک عدد صحیح توان 2 می‌باشد. تغییر مقدار N دقت عمل طبقه بندی را تغییر می‌دهد. اگر تعداد نقاط سیگنال N باشد، ساده‌ترین راه این است که $f(n)$ در خارج از محدوده $[0, N-1]$ صفر در نظر گرفته شود ولی اضافه کردن این صفرها در نقاط انتهایی دنباله، گسستگی و در نتیجه خطا ایجاد می‌کند. راه منطقی‌تر این است که سیگنال را با پیوند N پریودیک در نظر بگیریم، یعنی $f(n+N)=f(n)$. با اعمال این روش، نمایش عنبیه مستقل از نقطه شروع بر روی دایره‌های مجازی استخراج اطلاعات است و در نتیجه روش تغییر ناپذیر با دوران خواهد بود.

بنا بر این تعریف مختصات قطبی بدون بعد دوگانه فضای ویژگی را نسبت به انتقال و اندازه تغییر ناپذیر کرده و پریودیک فرض کردن این نگاشت ویژگیها را نسبت به دوران تغییر ناپذیر می‌سازد.

۴ - استخراج ویژگی

در این مرحله، از نقاط عبور از صفر تبدیل ویولت برای ایجاد نمایش عنبیه‌ها استفاده می‌گردد [۴]. جهت ساختن نمایش عبور از صفر، یک ویولت مادر تعریف می‌شود که مشتق دوم تابع هموار سازی $\theta(x)$ است:

$$\psi(x) = \frac{d^2\theta(x)}{dx^2} \quad (2)$$

طبق تعریف تبدیل ویولت داریم:

$$W_s f(x) = f * \psi_s(x) \quad (3)$$

بنابراین با ترکیب روابط (۲) و (۳) خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} W_s f(x) &= f * \left(s^2 \frac{d^2\theta(x)}{dx^2} \right) (x) \\ &= s^2 \frac{d^2}{dx^2} (f * \theta_s)(x) \end{aligned} \quad (4)$$

که در آن $\theta_s(x) = \frac{1}{s} \theta(x/s)$ است و $W_s f(x)$ متناسب با مشتق دوم تابع $f(x)$ هموار شده با $\theta_s(x)$ است. نقاط عبور از صفر این تبدیل مربوط به نقاط انحناء $f * \theta_s(x)$ هستند. جهت پایدار ساختن نمایش عبور از صفر سیگنال، [۵] Mallat مقدار انتگرال تبدیل ویولت دوتایی بین دو نقطه عبور از صفر مجاور را به نمایش اضافه کرد:

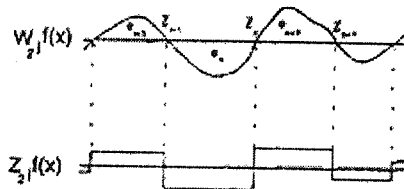
$$e_n = \int_{Z_{n-1}}^{Z_n} W_{2^j} f(x) dx \quad (5)$$

e_n تخمینی از اندازه ساختار واقع بین دو نقطه عبور از صفر Z_{n-1} و Z_n بدست می‌دهد. برای هر تابع $W_{2^j} f(x)$ مکان نقاط عبور از صفر و انتگرال تبدیل می‌توانند توسط تابع ثابت تک‌های $(Z_{2^j} f(x))$ تعریف شوند:

$$Z_{2i} f(x) = \frac{e_n}{Z_n - Z_{n-1}}, \text{ for } x \in [Z_{n-1}, Z_n] \quad (6)$$

به دنباله توابع ثابت تکه‌ای $Zf = (Z_{2i} f(x))_{i \in \mathbb{Z}}$ نمایش عبور از صفر $f(x)$ گفته می‌شود. شکل (۴) تبدیل ویولت و نمایش عبور از صفر آن را در یک مقیاس خاص نشان می‌دهد.

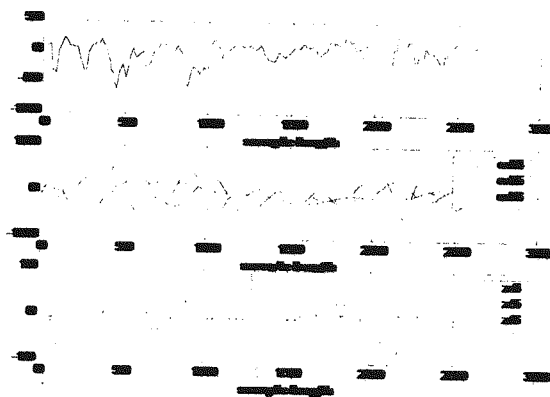
در الگوریتم اصلاح یافته از تابع ویولتی استفاده شد که مشتق اول یک spline مکعبی است. مزیت استفاده از مشتق اول به جای مشتق دوم، طول محدود و داشتن تعداد ضرایب کمتر است. نقاط ماکزیمم و می‌نیمم مشتق اول مربوط به نقاط عبور از صفر مشتق دوم و نقاط انحنای سیگنال هموار شده هستند. از این رو پس از انتخاب ویولتی که مشتق اول یک spline مکعبی است، نقاط ماکزیمم و می‌نیمم تبدیل که متناسب با نقاط عبور از صفر مشتق دوم هستند، کشف می‌گردند. در مرحله بعد نمایش عبور از صفر، طبق روابط (۵) و (۶) ایجاد می‌گردد. ضرایب فیلترهای تجزیه این نوع ویولت و همچنین الگوریتم تبدیل ویولت سریع پیاده سازی شده در [۶] آمده‌اند. جهت ایجاد تمایز و تطابق بهتر بین عنبیه‌های متفاوت و مشابه، از چند سطح رزولوشن میانی تبدیل ویولت که حاوی بیشترین میزان انرژی سیگنال هستند و کمتر تحت تأثیر نویز قرار می‌گیرند، استفاده شد. شکل (۵) به ترتیب سیگنال حاوی اطلاعات، تبدیل ویولت آن در سه سطح ۴، ۵ و ۶ و نمایش گذر از صفر در این سطوح را نشان می‌دهد.



شکل (۴) تبدیل ویولت و نمایش عبور از صفر آن [۵].

۵ - طبقه بندی

در مرحله طبقه‌بندی، ابتدا پایگاه داده‌های سیستم از تصاویر بدون نویز تشکیل یافت و نمایش مربوط به این تصاویر که اصطلاحاً به آن مدل اطلاق می‌گردد ایجاد شد. برای بررسی میزان تطابق موجود بین عنبیه‌ها و طبقه بندی آنها، از توابع عدم شباهت (۷) و (۸) استفاده گردید. با استفاده از این توابع عدم شباهت، عنبیه ناشناس به مدلی اختصاص داده می‌شود که کمترین مقدار کل عدم شباهت $D^{(1)}$ و یا $D^{(2)}$ را با آن داشته باشد.



شکل (۵) سیگنال حاوی اطلاعات، تبدیل ویولت آن در سه سطح ۴، ۵ و ۶ و نمایش گذر از صفر در این سطوح.

$$d_j^{(1)}(f, g) = \min_m \sum_{n=1}^N |Zf(n) - Zg(n+m)|^2, m \in [0, N-1] \quad (7)$$

$$d_j^{(2)}(f, g) = \min_m \left[1 - \frac{\sum_{n=1}^N Z_j f(n) Z_j g(n+m)}{\|Z_j f\| \|Z_j g\|} \right], m \in [0, N-1] \quad (8)$$

$$D^{(p)} = \sum_{j=k}^L \frac{d_j^{(p)}(f, g)}{Q} \quad (9)$$

۶- نتایج تجربی

صحت کارکرد الگوریتم شناسایی اصلاح یافته، بر روی تصاویر حقیقی آزمایش شده است. پایگاه داده‌ها از تصاویر مربوط به ۱۴ شخص مختلف و در مجموع ۵۰ تصویر (به طور متوسط ۳ تصویر برای هر شخص) تشکیل یافته است [۳]. اندازه تصاویر ۴۸۰×۶۴۰ پیکسل بوده و به فرمت bitmap ۸ بیتی ذخیره شده‌اند. اطلاعات سطوح خاکستری عنبیه از دواپری با شعاع $r1=47$ و $r2=64$ از تصاویر نگاشت یافته جمع آوری شدند. در هر شعاع مشخص از عنبیه ۲۵۶ نقطه انتخاب شد که توانی از ۲ است و یک مصالحه بین پیچیدگی محاسبات و دقت عمل طبقه بندی ایجاد می‌کند.

از آنجا که تابع $D^{(1)}$ برای برخی از تصاویر مشابه تطابق بهتری ایجاد می‌کند و $D^{(2)}$ برای برخی دیگر، برای دستیابی به نرخ شناسایی بالاتر، به این ترتیب عمل شد که هر دو تابع عدم شباهت برای مقایسه عنبیه ناشناس با کل مدل‌های پایگاه داده‌ها محاسبه شدند و هر یک نسبت به ماکزیمم مقدار عدم شباهت بدست آمده توسط همان تابع، نرمالیزه گردیدند. سپس بین دو مقدار بدست آمده از دو تابع عدم شباهت $D^{(1)}$ و $D^{(2)}$ ، مقدار کوچکتر بعنوان عدم شباهت بین دو تصویر انتخاب شد و تصمیم‌گیری برپایه آن صورت گرفت.

بعنوان نمونه نتایج مربوط به تطابق ۵ زوج تصویر مربوط به ۵ شخص مختلف (در مجموع ۱۰ تصویر) با استفاده از تابع عدم شباهت $D^{(2)}$ در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱) بررسی کارایی الگوریتم اصلاح یافته (تابع عدم شباهت $10^3 \times D^{(2)}$).

	I1	I1a	I2	I2a	I3	I3a	I4	I4a	I5	I5a
I1	0	343.0	475.4	465.5	427.7	551.4	532.9	509.1	499.5	450.5
I1a	343.0	0	625.8	583.5	594.2	513.3	634.9	547.4	484.7	524.2
I2	475.4	625.8	0	193.5	538.5	530.3	563.6	558.9	524.6	449.6
I2a	465.5	583.5	193.5	0	558.2	593.8	557.7	565.8	550.2	508.8
I3	427.7	594.2	538.5	558.2	0	324.9	552.6	577.8	558.4	582.2
I3a	551.4	513.3	530.3	593.8	324.9	0	550.1	551.7	568.6	548.3
I4	532.9	634.9	563.6	557.7	552.6	550.1	0	88.3	550.2	561.9
I4a	509.1	547.4	558.9	565.8	577.8	551.7	88.3	0	543.5	574.6
I5	499.5	484.7	524.6	550.2	558.4	568.6	550.2	543.5	0	189.1
I5a	450.5	524.2	449.6	508.8	582.2	548.3	561.9	574.6	189.1	0

I1 و I1a تصاویر مربوط به عنبیه یک شخص در دو شرایط متفاوت هستند. همانطور که در جداول پیداست، مقدار عدم شباهت بین I1 و I1a خیلی کمتر از مقدار آن با سایر تصاویر است. در مورد I2 و I2a و سایر تصاویر مشابه نیز همین مطلب صدق می‌کند.

جهت بررسی اثر نویز بر قدرت طبقه‌بندی الگوریتم، تصاویر با درجات متفاوت از نویز سفید گوسی با نسبت سیگنال به نویز در محدوده ۰-۳۰dB آمیخته شدند. در این آزمایشها، هر تصویر با تصاویر به نویز آمیخته آن و سایر مدل‌های موجود در پایگاه مقایسه گردید. بعنوان نمونه نتایج مربوط به مقایسه مدل I5 با تصاویر به نویز آمیخته آن و سایر مدل‌های موجود در پایگاه داده‌ها در جدول (۲) آمده است. در این جدول اندیس n_1 تا n_4 به ترتیب معرف SNR برابر ۳۰dB تا ۰ است. همانطور که در جدول پیداست، مقدار تابع عدم شباهت بین مدل I5 با تصاویر نویزی آن همواره کوچکتر از مقدار این تابع با سایر تصاویر است.

جدول (۲) مقایسه مدل I5 با تصاویر نویزی I5 و سایر مدل‌ها (تابع عدم شباهت $(10^3 \times D^{(2)})$).

$(I5)_{n1}$	$(I5)_{n2}$	$(I5)_{n3}$	$(I5)_{n4}$	I1	I2	I3	I4
6.57	27.7	72.1	195.6	499.5	524.6	558.4	550.2

در سری آزمایش دیگری تصاویر مدل با سایر تصاویر نویزی مقایسه شده‌اند. نتایج حاصل برای تصویر I5 در جدول ۳ ذکر شده است.

Noisy Iris (SNR)	$(I1)_n$	$(I2)_n$	$(I3)_n$	$(I4)_n$	$(I5)_n$
30dB	493.1	527.1	547.1	551.9	6.57
20dB	471.1	529.2	564.5	560	27.7
10dB	519.6	512.9	621.9	548.8	72.1
0dB	528.1	631.6	588.8	548.3	195.6

۷- مقایسه با روش Boles

[۲] Daugman یک سیستم نمونه برای شناسایی افراد با استفاده از ویژگی‌های عنبیه ارائه کرده و گزارش کرده است که این سیستم دارای عملکرد بسیار خوبی در بین تصاویر گوناگون تهیه شده توسط اوست. [۱] Wildes نیز یک سیستم نمونه برای تأیید هویت افراد بر پایه خصوصیات عنبیه پیشنهاد کرده است. اخیراً [۴] Boles روشی ارائه کرده است که ادعا می‌کند روش او تغییر ناپذیر با انتقال، دوران و اندازه است و در برابر تغییرات تابش مقاوم است. بعلاوه روش او نسبت به تشعشعی که ممکن است در اثر انعکاس منبع نور روی تصویر عنبیه ایجاد شود حساس نیست. روش او از نظر محاسباتی مقرون به صرفه است و احتیاج به عمل کوانتیزاسیون ندارد. همچنین در این روش پردازش اطلاعات بصورت یک بعدی به جای دو بعدی صورت می‌گیرد. از آنجا که هدف اساسی در انجام این تحقیق، استخراج الگوهای عنبیه و طبقه‌بندی بوده است، بدلیل شباهت موجود بین روش پیشنهاد شده در این مقاله با روش [۴] Boles در مرحله استخراج ویژگی، نتایج بدست آمده از این دو روش با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

با وجود اینکه دسترسی به پایگاه داده‌های استفاده شده در [۴] مقدور نبود، اصلاحاتی در این روش صورت گرفت که نتایج بهتری بر روی پایگاه داده‌های ما به همراه داشته است. روش مکان‌یابی عنبیه که در [۴] بکار گرفته شده دارای نواقصی است زیرا مرکز مردمک و عنبیه حتی در چشم افراد سالم برهم منطبق نیست و کمی تفاوت دارد. بنابراین استفاده از روش مکان‌یابی معرفی شده توسط Daugman در [۲] منطقی‌تر به نظر رسید و پیاده سازی گردید. جریان تغییرات اندازه عنبیه درون تصاویر، در روش Boles در انتها بصورت ضریب مقیاس در توابع عدم شباهت جریان شده است و بنابراین او مجبور بوده است که اطلاعات استخراج شده از ۲ دایره مجازی بر روی عنبیه را نرمالیزه کند تا تعداد نقاط استفاده شده در هر شعاع خاص جهت استخراج ویژگی، در تصاویر مختلف یکی شوند. در الگوریتم پیاده سازی شده در این پروژه قبل از مرحله استخراج ویژگی جریان تغییرات اندازه عنبیه و مردمک در تصاویر بوسیله نگاشت تصاویر عنبیه به مختصات قطبی بدون بعد دوگانه [۴] صورت گرفته است.

جهت آزمایش صحت کارکرد الگوریتم از پایگاه داده‌های وسیع‌تری نسبت به پایگاه داده‌های استفاده شده در [۴] استفاده شد. همچنین استفاده از هر دو تابع عدم شباهت $D(1)$ و $D(2)$ و تصمیم‌گیری بر پایه مقدار کوچکتر، نرخ شناسایی الگوریتم اصلاح یافته

را نسبت به الگوریتم Boles افزایش داد. نتایج آزمایش الگوریتم‌های مختلف بر روی مجموع ۵۰ تصویر موجود در پایگاه داده‌ها به قرار زیر بود: الگوریتم Boles با انتخاب شعاع $r=64$ دارای نرخ خطای $35/7\%$ بود و این نشان داد که برای بالا بردن نرخ شناسایی باید اصلاحاتی در این روش صورت گیرد و از اطلاعات دوایر بیشتری از عنبیه جهت استخراج ویژگی استفاده گردد. نرخ خطای الگوریتم اصلاح یافته با انتخاب دو دایره از عنبیه و استفاده از تابع $D(1)$ برابر $14/28\%$ و با استفاده از $D(2)$ برابر $7/1\%$ بود. با استفاده از هر دو تابع $D(1)$ و $D(2)$ و تصمیم‌گیری بر پایه مقدار کوچکتر، الگوریتم پیشنهاد شده بدون هیچ خطایی قادر به طبقه‌بندی و شناسایی عنبیه‌های موجود در پایگاه داده‌های ما بود.

۹- نتیجه گیری

یک سیستم حفاظتی برپایه شناسایی افراد از روی تصاویر عنبیه چشم با استفاده از نمایش گذر از صفر تبدیل ویولت معرفی گردید. الگوریتم پیشنهاد شده بر روی سیگنال‌های یک بعدی عمل می‌کند و تغییر ناپذیر با انتقال، دوران و تغییرات اندازه عنبیه و مردمک در تصاویر است. همچنین در برابر تغییرات تابش و سطوح نویز مقاوم است. در روش پیشنهاد شده فقط از چند سطح میانی تبدیل ویولت برای عمل تطابق استفاده می‌شود و بنابراین از نظر محاسباتی مقرون به صرفه است و کمتر تحت تأثیر خطای کوانتیزاسیون و نویز قرار می‌گیرد. مقایسه بین مقادیر عدم شباهت بین عنبیه‌های مشابه و متفاوت نشان داد که الگوریتم در شناسایی عنبیه‌های مشابه و متفاوت، موفق بوده است. جهت دستیابی به قابلیت اطمینان بیشتر آزمایش الگوریتم بر روی پایگاه داده‌های وسیعتر ضروری به نظر می‌رسد.

مراجع

- [1] R. P. Wildes, "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology" proc. IEEE, VOL. 85, No. 9, pp 1348-1363, 1997.
- [2] J. G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, NO. 11, pp 1148-1161, NOV. 1993.
- [3] علی یوسفی، «تشخیص و تایید هویت از طریق تصاویر عنبیه»، پروژه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف، شهریور ۱۳۷۹.
- [4] W. W. Boles, B. Boashash, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform", IEEE Trans. Signal Processing, VOL. 46, NO. 4, pp 1185-1188, April 1998.
- [5] S. Mallat, "Zero-Crossing of a Wavelet Transform", IEEE Trans. Information Theory, VOL. 37, NO. 14, pp. 1019-1033, 1991.
- [6] S. Mallat, S. Zhong, "Characterization of signals from Multiscale Edges", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL. 14, NO. 7, pp 710-732, July 1992.