DOI: 10.22041/ijbme.2008.13550

A New Approach for Human Identification Based on Retina Image

H. Jafariani[1], H. Abrishami-Moghaddam[2★], M.Sh. Moin[3]

[1] M.Sc Graduate in Biomedical Engineering, Mashad University of Medical Sciences, Mashad, Iran, hadi_jaafaryani@yahoo.com

[2] Associate Professor, Biomedical Engineering Department , Electrical School, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

[3] Assistant Professor, Multimedia Systems Department, Faculty of Information Technology, Iran's Telecommunication Research Center, Tehran, Iran, moin@itrc.ac.ir

Abstract

One of the most accurate techniques for human identification is based on the uniqueness of the retinal blood vessels pattern. In this paper, we present a new approach for human identification using retina image. This approach is insensitive to rotation, scaling and translation. The Fourier-Mellin transform coefficients and moments of the retinal image were used to extract the suitable features. To compensate the rotational effects caused by different relative positions of the retina scanner with respect to the eye, a rotation compensator was designed. For retinal image interpretation, the optic disc location was considered as a fixed and reference point. For its localization, the Haar wavelet and the Snakes model were used. The experimental results demonstrated an error rate close to zero for the proposed method.

Keywords: **Human identification; Retina; Fourier-Mellin transform; Moment; Snakes model; Image processing**

* **Corresponding author**
Address: *Hamid Abrishami-Moghaddam, Biomedical Engineering Department , Electrical School, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran*
Tel: *+98 21 88469084*
Fax: *+98 21 88462066*
E-mail: *moghadam@saba.kntu.ac.ir*

DOI: 10.22041/ijbme.2008.13550

روشي براي بررسي هويت افراد بر اساس تصوير شبكيه

هادي جعفرياني [۱]، حميد ابريشمي مقدم [۲*]، محمد شهرام معين [۳]

[۱] كارشناس ارشد مهندسي پزشكي، دانشگاه علوم پزشكي مشهد hadi_jaafaryani@yahoo.com

[۲] دانشيار گروه مهندسي پزشكي، دانشكده مهندسي برق، دانشگاه صنعتي خواجه نصيرالدين طوسي، تهران

[۳] استاديار گروه سامانه‌هاي چند رسانه‌اي، پژوهشكده فناوري اطلاعات، مركز تحقيقات مخابرات ايران، تهران moin@itrc.ac.ir

چكيده

يكتايي الگوي توزيع رگ‌هاي خوني شبكيه به عنوان راهكاري براي شناسايي هويت افراد مورد استفاده قرار مي‌گيرد. در اين مقاله روش مناسبي براي شناسايي هويت افراد بر اساس تصوير شبكيه ارائه شده است. اين روش نسبت به چرخش، تغيير مقياس و انتقال غيرحساس است. براي استخراج ويژگي‌هاي مطلوب تصاوير شبكيه از تبديل فوريه- ملين و ممان‌هاي تصوير استفاده شده است. براي جبران چرخش كه عموماً ناشي از موقعيت‌هاي گوناگون اسكنر شبكيه نسبت به چشم خواهد بود، جبران‌ساز چرخش طراحي شده است. در تحليل تصاوير شبكيه از مركز ديسك نوري به عنوان يك نقطه ثابت و مرجع استفاده و براي تعيين آن از موجك هار و مدل مارها بهره گرفته شد. نتايج شبيه‌سازي روش پيشنهادي درصد خطايي نزديک به صفر را نشان مي‌دهد.

واژه‌هاي كليدي: شناسايي هويت؛ شبكيه؛ تبديل فوريه- ملين؛ ممان؛ مدل مارها؛ پردازش تصوير

* عهده‌دار مكاتبات

نشاني: تهران، خيابان دكتر شريعتي، سيد خندان، دانشگاه صنعتي خواجه نصيرالدين طوسي، دانشكده مهندسي برق، صندوق پستي ۱۳۵۵-۱۶۳۱۵

تلفن: ۸۸۴۶۹۰۸۴، **دورنگار:** ۸۸۴۶۲۰۶۶، **پيام نگار:** moghadam@saba.kntu.ac.ir

۱- مقدمه

در سال‌هاي اخير با گسترش فناوري اطلاعات و نياز به امنيت بالا، به‌کارگيري شيوه‌هاي مختلف شناسايي هويت افراد اهميت ويژه‌اي پيدا کرده است.

يک سيستم شناسايي هويت بايد از ويژگي‌هايي نظير ميزان خطايي برابر صفر، هزينه کم، سرعت بالا و غيرتهاجمي بودن برخوردار باشد. البته بسته به شرايط مختلف برخي متغيرهاي گزينش سيستم شناسايي هويت در اولويت قرار مي‌گيرند. از روش‌هاي مختلف شناسايي هويت مي‌توان شناسايي اثر انگشت، چهره، صدا، کف دست، عنبيه و شبکيه را نام برد. در مورد هر يك از روش‌هاي ذكر شده به‌جز شناسايي شبكيه مقاله‌ها و نوشته‌هاي فراواني ارائه شده است. به‌طور عموم در مواردي که دقت، سهولت و ارزاني سيستم شناسايي مد نظر باشد از شناسايي اثر انگشت استفاده مي‌شود. اما مي‌دانيم امکان وجود اشتباه و حتي تقلب در اين سيستم شناسايي هويت وجود دارد. وجود برش‌هايي در اثر انگشت يا کثيفي آن سيستم را به اشتباه خواهد انداخت. در مورد شناسايي چهره نيز، آرايش کردن يا عمل جراحي پلاستيك ممکن است سيستم شناسايي را دچار اشکال کند. در شناسايي هويت مبتني بر صدا، صداي شخص مي‌تواند متأثر از تغييرات فيزيولوژيکي يا احساسي فرد باشد. همچنان كه مي‌دانيم يك سيستم شناسايي هويت بر اساس يك ويژگي انحصاري عمل مي‌كند. وجود پايداري و عدم تغييرات کلي اين ويژگي کارايي سيستم شناسايي را تضمين مي‌کند. در مورد شناسايي چهره و صدا پايداري چنداني در اين ويژگي انحصاري بيومتري مشاهده نمي‌شود. در سال‌هاي اخير روش‌هاي مختلفي در خصوص استخراج دايره عنبيه و ويژگي‌هاي مورد نظر به منظور شناسايي هويت بخصوص با استفاده از موجک گابور[1] و نيز فاصله همينگ[2] ارائه گرديده است. علي‌رغم پايداري و کارايي قابل‌ملاحظه روش‌هاي شناسايي عنبيه، اين سيستم‌ها در مقابل تقلّب نظير استفاده از لنزهاي خاص دچار اشتباه مي‌شوند. اما در مورد شبکيه موضوع به‌گونه‌اي ديگر است؛ شبکيه در طول زندگي ثابت و بدون تغيير مي‌ماند و اين خصلت، دقت بالاي شناسايي هويت مبتني بر شبکيه را در پي دارد [۱-۳]. حتي در دوقلوهاي يكسان، شبكيه كمترين ميزان شباهت را دارد. شناسايي شبکيه بالاترين ميزان دقت را در بين سيستم‌هاي بيومتري به خود اختصاص داده است طوري که حدوداً خطايي برابر صفر دارد. عموماً در مکان‌هايي مانند تأسيسات نظامي، نيروگاه‌هاي قدرت و آزمايشگاه‌هاي زيست شناسي حساس (با ضرورت تأمين بسيار بالايي) از شناسايي شبکيه استفاده مي‌شود.

۲ـ شبکيه

چشم دريچه‌اي به سوي رگ‌هاي سطحي شبکيه است. فقط همين رگ‌هاي شبکيه به‌طور غيرتهاجمي قابل رؤيت‌اند. شبکيه دروني‌ترين لايه کره چشم و بخش حساس به نور است که ضمن تبديل تصاوير نوري به سيگنال‌هاي عصبي الکتريکي تبديل، آنها را به مغز مي‌فرستد.

قطر شبکيه حدود ۴۰ mm است. سطح شبکيه پوشيده از رگ‌هاي خوني است. تمام اين رگ‌ها از ناحيه‌اي به نام ديسك نوري[3] منشعب مي‌شوند. ديسك نوري ناحيه‌اي به‌مراتب روشن‌تر از ديگر نواحي شبکيه است که تقريباً شکل دايروي دارد و حدود ۱/۵mm قطر دارد. موقعيت ديسك نوري در پردازش تصاوير شبکيه از اهميت خاصي برخوردار است. به‌عنوان مثال ديگر بخش‌هاي شبکيه مثل فووآ[4] مي‌توانند به‌عنوان يك نقطه مرجع براي اندازه‌گيري فاصله و تعيين موقعيت در نظر گرفته شوند [۴]. فووآ يا همان لکه زرد ناحيه بسيار کوچکي در مرکز شبکيه با مساحت اندکي بيشتر از ۱mm^2 است که توانايي ويژه‌اي براي ديد دقيق و تشخيص جزئيات دارد. جالب آنکه در ناحيه لکه زرد رگ‌هاي خوني به کناري رانده شده‌اند تا مسأله دقت بينايي برآورده شود. قسمت مرکزي فووآ فقط ۰/۳mm قطر دارد [۴]. شکل ۱ آناتومي سطحي شبکيه را نشان مي‌دهد.

شکل ۱- آناتومي سطحي شبکيه

[1] Gabor wavelet
[2] Hamming distance
[3] Optic disc
[4] Fovea

۳ـ تصويربرداري از شبكيه

ايده يكتايي الگوي شبكيه اولين بار در سال ۱۹۳۶ به وسيله سيمون[۵] و گلدشتاين[۶] مطرح گرديد [۶]. به منظور تهيه تصاوير شبكيه از دوربين‌هاي شبكيه استفاده مي‌شود. در اين دوربين‌ها از خواص ذاتي بازتابش و جذب در چشم براي به تصوير كشيدن الگوي رگ‌هاي شبكيه استفاده مي‌شود. اين كار با تاباندن اشعه‌اي به شبكيه و ثبت بازگشت آن به دوربين صورت مي‌گيرد. نقاط تاريك تصوير خروجي، رگ‌هاي خوني‌اند كه سهم بيشتري در جذب نور تابانده شده دارند.

اولين بار در سال ۱۹۷٦ شركت آيدنتيفاي[۷] یک سيستم شناسايي هويت به نام آيدنتيفيكيشن ۷,۵[۸] را با استفاده از اولين نمونه تجاري دوربين شبكيه به بازار عرضه كرد. به تازگي شركت رتيكا سيستمز[۹] براي گرفتن تصاوير شبكيه دوربين جديدي را با توانايي كار در طيف مادون قرمز نزديک[۱۰] (NIR)، ساخته است. اين دوربين ويژگي‌هاي برتري دارد، به‌طوري كه قادر است حتي از فاصله حدود 1m تصاويري با كيفيت عالي از شبكيه چشم بگيرد. ساير شركت‌ها نظير ال جي[۱۱]، پاناسونيک[۱۲] يا سكوريمتريكز[۱۳] دوربين‌هاي تجاري مادون قرمز براي تصويربرداري از عنبيه توليد كرده اند (شكل ۲).

۴ـ مدل مارها[۱۴] و موجك هار[۱۵] در تعيين موقعيت ديسك نوري در تصاوير شبكيه

تعيين موقعيت ديسك نوري در پردازش و تحليل تصاوير شبكيه از اهميت بسزايي برخوردار است. تمام رگ‌هاي خوني شبكيه از ديسك نوري منشعب مي‌شوند و با كاهش در قطرشان از آن فاصله مي‌گيرند تا در سطح شبكيه پخش شوند. ما از مركز ديسك نوري به عنوان يك نقطه شاخص در پردازش تصاوير شبكيه بهره مي‌بريم. تاكنون شيوه‌هاي مختلفي براي تعيين محل ديسك نوري ارائه شده است [۷].

شكل ۲- دو دوربين تجاري تصويربرداري شبكيه

در اين مقاله روشي را معرفي مي‌كنيم كه نسبت به ديگر روش‌ها از كارايي و قدرت بالايي برخوردار است. اين روش مشابه كار مندلز[۱۶] است [۸] كه از مرزهاي فعال (مدل مارها) براي تعيين محل ديسك نوري استفاده مي‌كند. با اين تفاوت كه با انجام برخي اصلاحات سعي در بهبود نتايج حاصل داريم. ايده اوليه مارها به وسيله كاس[۱۷] و همكاران [۹] مطرح گرديد و براي ناحيه‌بندي اشيا در تصاوير به‌كار گرفته شد. مارها يا مرزهاي فعال، منحني‌هاي بسته با قابليت حركت در داخل تصوير كه تحت تأثير نيروهاي داخلي و خارجي‌اند. نيروي داخلي از روي مشخصات منحني تعيين مي‌شود و نيروي خارجي از اطلاعات تصوير به‌دست مي‌آيد. اين نيروها به‌گونه‌اي تعريف مي‌شوند كه منحني اوليه به سمت مرزهاي اشيا داخل تصوير رانده شده و در پيرامون آنها متمركز گردد.

در واقع جابجايي منحني اوليه طوري انجام مي شود كه يك تابع انرژي تعريف شده روي تصوير حداقل شود. يك مشكل مدل مارها وابستگي زياد به منحني اوليه است [۱۰]. اگر منحني اوليه به شيء مورد نظر نزديك نباشد امكان نتيجه اشتباه وجود دارد. بنابراين انتخاب منحني اوليه دقت زيادي مي‌طلبد.

در اين مقاله به منظور تخمين منحني اوليه براي يافتن موقعيت ديسک نوري از موجک هار استفاده مي‌كنيم [۴]. به اين ترتيب كه با اعمال موجك هار در سه سطح روي تصاوير شبكيه و استفاده از تصوير سطح سوم، مكاني را كه داراي بالاترين شدت روشنايي است، به دست مي‌آوريم. اين نقطه را نقطه اوليه متناظر با مكان قرارگيري ديسك نوري

[5] Simon [6] Goldestein [7] EyeDentify [8] EyeDentification 7.5
[9] Retica Systems [10] Near Infrared [11] LG [12] Panasonic
[13] Securimetrics [14] Snakes model [15] Haar wavelet [16] Mendels
[17] Kass

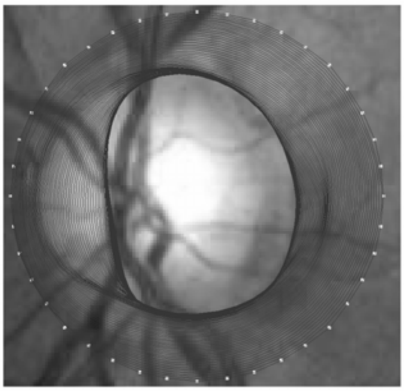
ناميده و با P_{ODC} نشان مي‌دهيم. حال با برگزيدن آستانه مناسب I_t در محدوده [۰/۹، ۱] مركز ديسك نوري را مطابق رابطه (۱) به دست مي‌آوريم:

$$R_{OD}(x,y)=\left\{P(x,y) \mid I_P(x,y) \geq (I_t . I_{P_{ODC}})\right\} \quad 0.90 \leq I_t \leq 1.0 \qquad (۱)$$

$$P_{OD}=mean\left\{P(x,y) \in R_{OD}(x,y)\right\}$$

كه در آن $R_{OD}(x,y)$ معرف ناحيه كانديدا[18]ي ديسك نوري و P_{OD} مركز به دست آمده براي ديسك نوري است. $P(x,y)$ هم نشانگر موقعيت مكاني پيكسل‌هاي تصوير و $I_P(x,y)$ بيانگر شدت سطح خاكستري آنهاست.

به‌كارگيري شيوه فوق از به اشتباه افتادن الگوريتم تعيين موقعيت مركز ديسك نوري ممانعت به‌عمل مي‌آورد. اشتباهاتي كه مي‌تواند ناشي از وجود لخته‌هاي روشن بزرگ يا اغتشاشات روشنايي مربوط به تصويربرداري شبكيه باشد. به دليل آنكه ما توجه خود را از يك نقطه منفرد P_{ODC} به دسته‌اي از نقاط معطوف داشته ايم و كليت الگوريتم را بالا برده‌ايم. نتايج به‌دست آمده نيز مؤيد اين ادعاست. حال با پيدا كردن مركز ديسك نوري و آگاهي از اينكه شكل تقريبي آن دايره‌اي است، منحني اوليه را دايره‌اي به مركز P_{OD} و شعاع معين در نظر مي‌گيريم. به دليل عملكرد روش مارها روي گراديان[19] تصوير و پيشروي به سمت نواحي همساني كه با اطلاعات گراديان بالا احاطه شده‌اند، اعمال آن بر روي تصاوير شبكيه براي يافتن ديسك نوري كه به‌وسيله رگ‌هاي درشت خوني به چندين بخش تقسيم شده‌اند، بسيار دشوار است. براي رفع اين اشكال از راهكار مندلز و همكارانش [۸] بهره مي‌گيريم. آنها با استفاده از عملگرهاي مورفولوژيكي، رگ‌هاي خوني را از ناحيه ديسک نوري حذف كردند تا پيش از اعمال روش مارها، ناحيه‌اي به‌طورنسبي يكنواخت و همسان ايجاد شود. در مدل مارها با هر بار تكرار، شكل مار تغيير كرده و به سمت مرزهاي ديسك نوري رانده مي‌شود (شكل ۳). در هر بار تكرار مركز ثقل مار به دست مي‌آيد و در مجموعه كانديداهاي مركز ديسك نوري ذخيره مي‌شود. اين روند تا مرحله پاياني ادامه داده مي‌شود. در خاتمه با معدل‌گيري از مجموعه كانديداها، محل دقيق مركز ديسك نوري را پيدا خواهيم كرد (شكل ۴).



شكل ۳- روند تغيير شكل مار با تكرار معين

شكل ۴- موقعيت نهايي ديسک نوري

۵- جبران‌ساز چرخش

به دليل ضرورت غيرحساس بودن روش شناسايي نسبت به چرخش، وجود يک جبران‌ساز براي جبران چرخش تصوير شبكيه كه به طور عموم ناشي از موقعيت‌هاي گوناگون دوربين شبكيه نسبت به چشم است، ضروري خواهد بود. در تعريف جبران‌ساز چرخش از دو نقطه ثابت استفاده مي‌شود: يكي مركز ديسک نوري و ديگري مركز جرم تصوير. مركز جرم يك جسم دوبعدي طبق رابطه (۲) به‌دست مي‌آيد:

$$\bar{x}=\frac{\iint xf(x,y)dxdy}{\iint f(x,y)dxdy} \qquad \bar{y}=\frac{\iint yf(x,y)dxdy}{\iint f(x,y)dxdy} \qquad (۲)$$

كه در آن $f(x,y)$ تابع توزيع چگالي سطحي جسم و (x,y) موقعيت نقاط مختلف جسم دوبعدي است. در مورد تصاوير سطح خاكستري، مقدار تابع توزيع چگالي سطحي جسم $f(x,y)$ را برابر شدت روشنايي همان نقطه $I(x,y)$ تعريف كرده و مطابق رابطه (۳) مركز جرم تصوير را پيدا مي‌كنيم:

[18] Candidate [19] Gradient

$$\bar{x} = \frac{\sum_{x=1}^{M}\sum_{y=1}^{N} xI(x,y)}{\sum_{x=1}^{M}\sum_{y=1}^{N} I(x,y)} \qquad \bar{y} = \frac{\sum_{x=1}^{M}\sum_{y=1}^{N} yI(x,y)}{\sum_{x=1}^{M}\sum_{y=1}^{N} I(x,y)} \qquad (۳)$$

كه در آن M و N ابعاد تصوير هستند. اهميت مركز جرم در تصاوير به اين دليل است كه موقعيت آن مستقل از چرخش و تغيير مقياس است. با آگاهي از اين امر در اين مرحله پيش‌پردازش تصاوير را طوري مي‌چرخانيم كه همواره زاويه خط واصل بين مركز ديسك نوري و مركز جرم تصوير با خط افق برابر صفر باشد و به اين ترتيب تمام تصاوير خروجي از لحاظ چرخش نرمال مي‌شوند.

۶- تبديل فوريه- ملين[۲۰] و ممان هاي تصوير به عنوان توصيف‌گرهاي شبكيه

به منظور استخراج ويژگي‌هاي شبكيه از تبديل فوريه- ملين و ممان‌هاي تصوير استفاده شده است. نتايج حاصل از آزمايش‌ها نشانگر آن است كه بهره‌گيري همزمان اين دو توصيف‌گر قابليت تفكيك بالا در يك پايگاه داده تصاوير شبكيه را در پي دارد.

۶-۱- تبديل فوريه- ملين استاندارد

در اواخر دهه هفتاد، انجمن تحقيقاتي بينايي، تبديل فوريه- ملين را براي شناسايي الگو معرفي كرد [۱۱]. اين تبديل بعدها درباره پردازش سيگنال و تصوير نيز به‌كار برده شد. براي بازيابي تصاوير از يك پايگاه داده مي‌توان از ويژگي‌هاي تغيير ناپذير با چرخش و تغيير مقياس مبتني بر ضرايب تبديل فوريه- ملين بهره گرفت. اين تبديل بيشتر با مطالعه شباهت بين تصاوير مرتبط است. فرض كنيد تابع f بيانگر مقدار سطح خاكستري يك تصوير دوبعدي است. تبديل فوريه- ملين استاندارد تابع f به صورت زير تعريف مي‌شود:

$$\forall (k,v) \in Z \times \Re \quad M_f(k,v) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} f(r,\theta) r^{-iv} e^{-ik\theta} d\theta \frac{dr}{r} \qquad (۴)$$

با اين فرض كه تابع مثبت f روي $\Re_+^* \times S^1$ جمع‌پذير باشد يعني:

$$\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} \left| f(r,\theta) r^{-iv} e^{-ik\theta} \right| d\theta \frac{dr}{r} = \int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} \frac{1}{r} f(r,\theta) d\theta dr < \infty \qquad (۵)$$

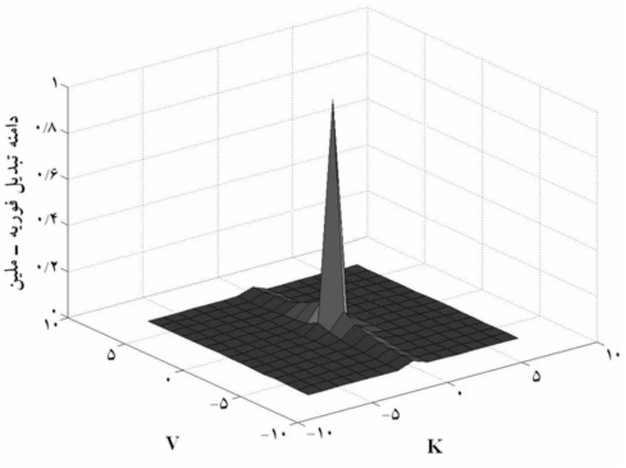
طوري كه $\Re_+^*$ يك گروه ضرب‌پذير متشكل از اعداد حقيقي مثبت و غير صفر و S^1 نشانگر دايره واحد در صفحه مسطح R^2 است. مي‌دانيم ضرب مستقيم $\Re_+^* \times S^1$ يك گروه جابه‌جايي‌پذير با قانون $(\alpha,\theta)\circ(\rho,\psi) = (\alpha\rho, \theta+\psi)$ را تشكيل مي‌دهد. به‌تازگي يك راهكار مناسب براي برطرف كردن مسأله تكين بودن[۲۱] انتگرال رابطه (۴) در مبداء ($r=0$) ارائه شده است. طبق پيشنهاد گربل[۲۲] [۱۲] به‌جاي محاسبه تبديل فوريه- ملين استاندارد $f(r,\theta)$ تبديل $f_\sigma(r,\theta) = r^\sigma f(r,\theta)$ محاسبه مي‌شود. طوري كه σ يك عدد حقيقي مثبت و ثابت است. بنابراين به دليل وجود انتگرال رابطه (۴) در مبداء، تبديل (۶) را تبديل فوريه- ملين تحليلي[۲۳] (AFMT) مي‌ناميم.

$$M_{f\sigma}(k,v) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} f(r,\theta) r^{\sigma - iv} e^{-ik\theta} d\theta \frac{dr}{r} \quad \forall (k,v) \in Z \times \Re \qquad (۶)$$

تبديل فوريه- ملين تحليلي يك تبديل يگانه از تصوير را بيان مي‌دارد. با استفاده از عكس تبديل فوريه- ملين تحليلي، f قابل بازيابي خواهد بود.

$$f(r,\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} \sum_{k\in Z} M_{f\sigma}(k,v) r^{-\sigma+iv} e^{ik\theta} dv \quad \forall (r,\theta) \in \Re_+^* \times S^1 \qquad (۷)$$

با اين فرض كه $M_{f\sigma}$ روي $Z \times \Re$ جمع‌پذير باشد. در شكل ۵ به طور نمونه اندازه تبديل فوريه- ملين تصويري از شبكيه نشان داده شده است.



شكل ۵ - دامنه تبديل فوريه- ملين تصوير شبكيه نمايش داده شده در شكل ۱

[20] Fourier- Mellin Transform
[21] Singularity
[22] Ghorbel
[23] Analytic Fourier- Mellin Transform

۶-۲- ممان‌هاي تصوير

ويژگي‌هاي مبتني بر ممان به‌طور گسترده‌اي به شكل‌هاي مختلف به‌عنوان شاخص‌هايي تغييرناپذير به منظور بازشناسي الگو به كار مي‌روند. دو بردار ويژگي متفاوت مبتني بر ممان و مستقل از انتقال، تغيير مقياس، چرخش و كنتراست عبارت است از: ممان‌هاي تغييرناپذير هيو[24] [۱۳] و دامنه ممان‌هاي مختلط[25] (CMM). شايان ذكر است محاسبه دامنه ممان‌هاي مختلط بسيار ساده‌تر از محاسبه ممان‌هاي تغييرناپذير هيو است. ممان‌هاي مختلط تابع توزيع چگالي $f(x,y)$ مطابق رابطه (۸) محاسبه مي‌شوند:

$$C_{pq} = \sum_{x=0}^{M}\sum_{y=0}^{N}(x+iy)^p(x-iy)^q f(x,y) \qquad (۸)$$

طوري كه C_{pq} ممان مرتبه $(p+q)$ام خوانده مي‌شود. ممان‌هاي مختلط در جاي خود تغيير ناپذير نيستند بلكه با استفاده از رابطه (۹) و در نظر گرفتن دامنه، از چرخش، انتقال، تغيير مقياس و كنتراست مستقل مي‌شوند.

$$\forall(p+q)\geq 2 \quad C_{pq} = \frac{C_{pq}}{C_{00}^{\gamma}} \quad \gamma = \frac{p+q}{2}+1 \qquad (۹)$$

۷- طراحي طبقه‌بندي كننده

براي ساخت بردار ويژگي شبكيه، ما از تركيب تبديل فوريه- ملين و ممان‌هاي تصوير بهره برده ايم. به اين صورت كه بردار ويژگي، متشكل از اندازه هارمونيک‌هاي مركزي تبديل فوريه- ملين كه حاوي اطلاعات ارزنده تري از تصوير است و ممان‌هايي تا مرتبه (۲+۲) مي‌باشد (آخرين ممان C_{22} است.)

به منظور دستيابي به دقت بيشتر در سيستم شناسايي هويت مبتني بر شبكيه، مقايسه بين بردار ويژگي شبكيه‌ها بر اساس محاسبه فاصله ماهالانوبيس[26] بين آنها صورت گرفته است. فاصله ماهالانوبيس بين بردارهاي ويژگي دو شبكيه k و l به صورت زير محاسبه مي‌شود:

$$MHD = (R_k - R_l)^t \Sigma_{R_k}^{-1}(R_k - R_l) \qquad (۱۰)$$

كه در آن Rk و Rl به ترتيب بردارهاي ويژگي شبكيه k و l محسوب مي شود. Σ_{R_k} هم ماتريس كوواريانس بردار ويژگي Rk است. براي دسته‌بندي از طبقه‌بندي كننده نزديكترين همسايه[27] استفاده كرده‌ايم. ويژگي‌هاي يك شبكيه ناشناخته با ديگر شبكيه‌هاي موجود در پايگاه داده مقايسه مي‌شود و شبكيه‌اي كه كمترين فاصله ماهالانوبيس را با شبكيه مورد سؤال داشته باشد به عنوان مورد مشابه اعلام مي‌شود. البته با اين شرط كه فاصله ماهالانوبيس كمينه، از يك مقدار آستانه معين بيشتر نباشد. استفاده از یک طبقه‌بندي كننده ساده نظير طبقه‌بندي كننده نزدیک‌ترين همسايه داراي اين مزيت است كه به‌خوبي مي‌تواند قدرت جداكنندگي ويژگي‌هاي به دست آمده از تصوير شبكيه را به نمايش بگذارد.

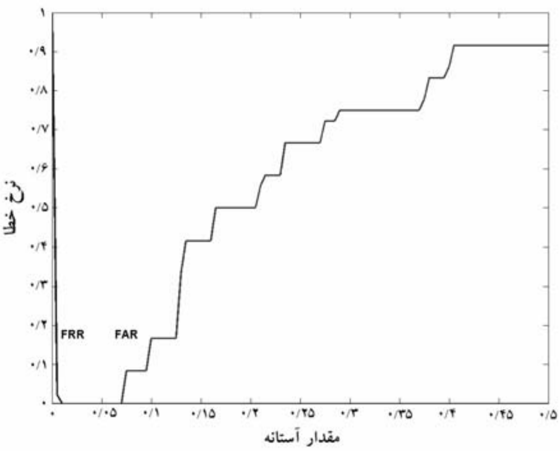
۸- نتايج آزمايشگاهي

شيوه شناسايي مبتني بر شبكيه ارائه شده در اين مقاله با نرم‌افزار MATLAB ۶٫۵[28] پياده‌سازي شده و مورد آزمايش قرار گرفته است. اگرچه هم‌اكنون پايگاه‌هاي داده متنوعي درباره آموزش و آزمون ساير شيوه‌هاي شناسايي هويت نظير اثر انگشت، چهره يا حتي عنبيه وجود داشته و قابل دسترسي است، اما مطابق اطلاعات مؤلفان مقاله چنين پايگاهي در رابطه با تصاوير شبكيه در دسترس نيست. بنابراين يک مجموعه تصاوير شبكيه شامل ۲۷ تصوير واقعي با ابعاد ۵۱۲*۵۱۲ از سايت‌هاي مختلف اينترنتي از جمله مرجع [۱۴] گردآوري شده و در آموزش و آزمون روش ارائه شده در اين مقاله بكار رفته است. البته براي آزمون شيوه شناسايي، با اعمال دستكاري‌هايي نظير چرخش و تغيير مقياس از روي آنها ۱۰۸ تصوير شبكيه بازسازي شده است. نتايج حاصل از آزمايش‌ها وجود قابليت تفكيك بالا بين تصاوير مشابه و ديگر تصويرهاي پايگاه داده را نشان مي‌دهد.

در شكل ۶ منحني‌هاي FRR[29] و FAR[30] به دست آمده به وسيله طبقه‌بندي كننده نزدیک‌ترين همسايه نشان داده شده است. همان طور كه مشاهده مي‌شود طبقه‌بندي كننده نزدیک‌ترين همسايه با استفاده از ويژگي‌هاي تركيبي نرخ خطاي برابر[31] (EER) معادل صفر به‌دست مي‌دهد كه نشان‌دهنده كارايي بالا و قابليت اطمينان سيستم شناسايي هويت مبتني بر شبكيه است.

---

[24] Hu
[25] **C**omplex **m**oments **m**agnitude
[26] Mahalanobis
[27] Nearest Neighbor
[28] **MAT**rix **LAB**oratory 6.5
[29] **F**alse **R**ejection **R**ate
[30] **F**alse **A**cceptance **R**ate
[31] **E**qual **E**rror **R**ate



شکل ۶- منحني هاي FRR و FAR به‌دست آمده توسط طبقه بندي کننده نزديک‌ترين همسايه

نتايج فوق نشان‌دهنده مؤثر بودن ويژگي‌هاي استخراج شده از تصوير شبکيه چشم است، به طوري که يک طبقه‌بندي کننده ساده از نوع نزديک‌ترين همسايه قادر به تمايز بدون خطاي تصاوير در پايگاه داده خواهد بود. بديهي است با افزايش تعداد تصاوير پايگاه داده ميتوان انتظار داشت نرخ خطاي طبقه‌بندي از ميزان کنوني يعني صفر بيشتر شود. استفاده از طبقه‌بندي کننده‌هاي قوي‌تر نظير شبکه‌هاي عصبي، راه حلي براي مقابله با افزايش خطاي دسته‌بندي است.

يکي از منابع خطا در اين روش شناسايي هويت، انحراف زاويه ديد[32] نسبت به دوربين است. زيرا الگوي رگ‌هاي خوني در تصوير شبکيه تحت تاثير زاويه نسبي محور ديد دوربين و امتداد ديد شخص مورد تصوير برداري قرار دارد. روش‌هايي به منظور جبران اثر فوق با استفاده از تبديلات تصويربرداري به‌ويژه در شناسايي عنبيه روش‌هايي معرفي شده است [۱۵]. مي توان با استفاده از اينگونه تبديلات در الگوريتم شناسايي شبکيه با افزايش خطاي طبقه بندي در اين روش نيز مقابله نمود.

۹- نتيجه‌گيري

شيوه اي مناسب براي شناسايي هويت افراد بر اساس تصوير شبکيه ارائه شد. همچنين براي استخراج ويژگي‌هاي مناسب شبکيه از تبديل فوريه- ملين و ممان‌هاي تصوير استفاده شد. نتايج بررسي ها نشان مي‌دهد استفاده از اين توصيف‌گرها به نحو مؤثري افزايش دقت در شناسايي شبکيه را در پي دارد. براي شناسايي هويت يک شخص در ميان داده هاي پايگاه داده بر روي يک کامپيوتر شخصي با پردازنده اي ام دي اتلون[33] ۱/۷MHz با ۵۱۲MB حافظه رم[34] زمان پردازش کمتر از ۳s است. البته بايد توجه داشت در صورت برنامه‌نويسي در محيط‌هايي نظير C زمان پردازش به ميزان قابل ملاحظه‌اي کاهش خواهد يافت و بنابراين الگوريتم ارائه شده مي‌تواند در کاربردهاي عملي به‌خوبي مورد استفاده قرار گيرد. وجود پايداري و عدم تغييرات شبکيه در طول دوران زندگي نيز کارايي اين سيستم بيومتري را تضمين مي‌کند. شايان ذکر است اين سيستم در دو حالت شناسايي و تأييد هويت قابل استفاده است.

سپاسگزاري

از مرکز تحقيقات مخابرات ايران به سبب حمايت از تحقيقات حاضر که به تهيه اين مقاله منجر شده است، صميمانه سپاسگزاري مي‌شود.

مراجع

[۱] جعفرياني هادي؛ بررسي هويت افراد بر اساس تصوير شبکيه؛ پايان نامه کارشناسي ارشد مهندسي پزشکي، دانشکده مهندسي برق، دانشگاه صنعتي خواجه نصيرالدين طوسي، ۱۳۸۲.

[۲] جعفرياني هادي، ابريشمي مقدم حميد، معين محمد شهرام؛ بررسي هويت افراد براساس تصوير شبکيه؛ گزارش فني، مرکز تحقيقات مخابرات ايران، ۱۳۸۲.

[۳] جعفرياني هادي، ابريشمي مقدم حميد، معين محمد شهرام؛ روشي جديد براي بررسي هويت افراد براساس تصوير شبکيه؛ مجموعه مقالات يازدهمين کنفرانس مهندسي پزشکي ايران، دانشگاه صنعتي امير کبير، بهمن ۱۳۸۲.

[4] Lalonde M., Beaulieu M., Gagnon L., Fast and robust optic disc detection using pyramidal decomposition and hausdorff based template matching; IEEE Trans. Medical Imaging 2001; 20:1193–1200.

[5] Guyton A.C., Hall J. E., Textbook of Medical Physiology, W. B. Saunders, 10th Ed., 2000.

[6] Simon C., Goldstein I., Retinal Method of Identification; New York State Journal of Medicine 1936; 15.

[32] Gaze angle
[33] AMD Athlon
[34] **R**andom **A**ccess **M**emory

[7] Lowell J., Hunter A., Steel D., Basu A., Ryder R., Fletcher E., Kennedy L., Optic nerve head segmentation; IEEE Transactions on Medical Imaging 2004; 23(2):256-264.

[8] Mendels F., Heneghan C., Thiran J. P., Identification of the Optic Disk Boundary in Retinal Images Using Active Contours; Proc. IMVIP 1999; 103-115.

[9] Kass M., Witkin A., Terzopoulos D., Snakes: Active contour models; Int. Journal of Computer Vision 1987; 1(4):321-331.

[10] Samadini R. C., Adaptive Snakes: Control of Damping and Material Parameters; Proc. SPIE Geometric Methods in Computer Vision 1991; 1570:202–213.

[11] Yatagay T., Choji K., Saito H., Pattern classification using optical Mellin transform and circular photodiode array; Optical Communication 1981; 38(3):162-165.

[12] Ghorbel F., A complete invariant description for gray-level images by the harmonic analysis approach; Pattern Recognition Letters 1994; 54:1043-1051.

[13] Hu M.K., Pattern Recognition by Moment Invariant; Proc. of the IRE 1961; 1428.

[14] Image Science Institute, DRIVE: Digital Retinal Images for Vessel Extraction, http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE/

[15] Daugman J.G., New methods in iris recognition; IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B:Cybernetics 2007; 37(5):1167-1175.