



استخراج ویژگی از تصاویر عنبیه با استفاده از تبدیل موجک دوبچیز 2 و فیلترهای گابور به همراه آنالیز حساسیت

هاتف مهرابیان

دانشگاه تهران

h.mehrabian@ece.ut.ac.ir

احمد پورصابری

دانشگاه تهران

a.poursaberi@ece.ut.ac.ir

بابک نجار اعرابی

دانشگاه تهران

araabi@ut.ac.ir

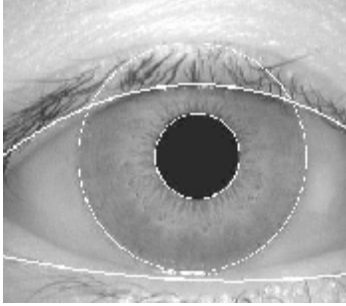
واژه‌های کلیدی: بیومتریکی، تشخیص هویت، عنبیه، فیلتر

گابور، تبدیل موجک دوبچیز 2، آنالیز حساسیت

1- مقدمه

سامانه‌های بیومتریکی مانند بافت شبکه‌ی، هندسه دست، اثر انگشت و ... جایگزین مطمئنی برای روش‌های مرسوم تشخیص هویت افراد مانند کلمه عبور و یا کلید می‌باشند. یک سامانه بیومتریکی براساس مشخصه‌های منحصر به فرد موجود در هر فرد اقدام به شناسایی افراد بصورت خودکار می‌نماید. در بین انواع بیومتریکی‌ها، شناسایی از طریق تصاویر عنبیه که در طی دو دهه اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است، به‌عنوان یکی از مطمئن‌ترین و قابل اطمینان‌ترین روش‌ها مطرح می‌باشد. اولین سامانه بیومتریکی با استفاده از تصاویر عنبیه توسط داگمن در سال 1994 به ثبت رسید [2]. این سامانه بر مبنای موجک‌های گابور طراحی شده و دقیق‌ترین سامانه‌ای است که تا کنون در این زمینه ارائه شده است. پس از داگمن تحقیقات زیادی در زمینه بیومتریکی عنبیه توسط زو [10]، تیهه [9]، وایلدز [11]، لیم [6] و

چکیده: در این مقاله روشی جدید بر مبنای تبدیل موجک دوبچیز 2 و جهت‌گیری‌های فیلترهای گابور برای استخراج بردار ویژگی از تصویر عنبیه در سامانه‌های تشخیص هویت با استفاده از تصاویر عنبیه ارائه شده است. پس از دو بار اعمال موجک دوبچیز 2 بر تصویر عنبیه و کاهش ابعاد آن، فیلترهای گابور را در جهت‌های مختلف به تصویر اعمال کرده و به ازای هر پیکسل از تصویر جهتی را که خروجی اعمال فیلتر در آن جهت بیشترین اندازه را دارد به‌عنوان نماینده آن پیکسل در بردار ویژگی انتخاب می‌کنیم. سپس بردار ویژگی تصویر ورودی را با بردار ویژگی تک تک تصاویر موجود در پایگاه داده مقایسه کرده و از روی میزان شباهت دو کد عمل تشخیص هویت را انجام می‌دهیم. نتایج اعمال این روش بر روی پایگاه داده CASIA نشان دهنده درصد موفقیت 99/30٪ و نرخ خطای معادل 0/017٪ می‌باشد. همچنین در این مقاله اثرات نویز و تغییرات شدت نور محیط و تباین (contrast) بر روی سامانه بررسی شده که نشان‌دهنده مقاومت سامانه در برابر این گونه اغتشاشات است.



شکل 1: نمونه‌ای از مرزهای بدست آمده برای ناحیه عنبیه و پلک‌ها

3- نرمال‌سازی

با توجه به اینکه عنبیه ساختاری حلقوی دارد و بیشتر پیچیدگی‌های بافت آن در راستای شعاعی گسترش یافته‌اند، برای سادگی تحلیل، بافت عنبیه به یک نوار مستطیل شکل نگاشته می‌شود که این کار توسط داگمن پیشنهاد شده است [2]. برای انجام عمل نگاشت ناحیه عنبیه، باید به این مساله توجه داشت که دایره‌های مردمک و عنبیه هم مرکز نیستند و مرکز مردمک نسبت به مرکز عنبیه معمولاً به سمت بینی و پایین چشم جابجا شده است. همچنین شعاع مردمک با تغییر نور محیط تغییر می‌کند و سامانه باید نسبت به این تغییرات مقاوم باشد. برای این کار تبدیلی را معرفی می‌کنیم که فاصله بین مرز داخلی عنبیه و مرز خارجی آن را نرمالیزه می‌کند. این تبدیل در معادله (1) نشان داده شده است.

$$x(r, q) = rx_i(q) + (1-r)x_p(q) \quad (1)$$

$$y(r, q) = ry_i(q) + (1-r)y_p(q)$$

که در آن (x_p, y_p) و (x_i, y_i) مختصات یک جفت نقطه روی مرز مردمک و مرز خارجی عنبیه هستند که در یک راستای شعاعی نسبت به مرکز مردمک قرار دارند. شکل 2 زاویه q و فاصله شعاعی r را مشخص می‌کند. در این مرحله فاصله شعاعی r در بازه $[0,1]$ نرمالیزه می‌شود.

دیگران انجام شده و سامانه‌های متعددی ارائه شده‌اند. به عنوان مثال، لیم سامانه پیشنهادی خود را بر مبنای موجک هار طراحی کرده و برای استخراج بردار ویژگی از جزئیات قطری (HH) خروجی اعمال موجک هار بر تصویر عنبیه استفاده کرده است.

ساختار کلی مقاله به این صورت است که ابتدا در مرحله قطعه‌بندی، مرزهای عنبیه شناسایی شده و ناحیه عنبیه جدا می‌شود و در قسمت نرمال‌سازی این ناحیه به یک نوار مستطیل شکل نگاشت می‌گردد. در بخش استخراج ویژگی، بردار ویژگی استخراج شده و عمل تشخیص هویت انجام می‌شود. نتایج تجربی کارایی سامانه طراحی شده و نیز مقاومت آن در برابر اغتشاشات مختلف در قسمت آخر ذکر شده‌اند.

2- قطعه‌بندی

پایگاه تصاویر بکار رفته در این مطالعه مربوط به پایگاه تصاویر CASIA می‌باشد که توسط انستیتو اتوماسیون دانشکده علوم چین جمع‌آوری شده است. این تصاویر تحت نور مادون قرمز گرفته شده‌اند و انعکاسات محیط و منابع نور در آن‌ها وجود ندارد. پایگاه داده CASIA شامل 756 تصویر از 108 نفر است. با توجه به اینکه این تصاویر از تمام ناحیه چشم گرفته شده‌اند باید ابتدا نواحی مربوط به عنبیه شناسایی و جدا شوند و پردازش‌های بعدی روی این ناحیه انجام شود. برای بدست آوردن مرز داخلی عنبیه، چون اختلاف زیادی بین شدت روشنایی ناحیه داخلی مردمک و خارج آن وجود دارد، به راحتی می‌توان مرکز و شعاع مربوط به دایره مردمک را بدست آورد. مرز خارجی عنبیه نیز با استفاده از تبدیل‌هاف و لبه‌یاب CANNY و پس از حذف نقاط لبه مربوط به سایر قسمت‌های چشم بدست می‌آید [12]. در این مرحله با پیدا کردن مرزهای مربوط به پلک‌ها و نیز نواحی مربوط به مژه‌ها، کدی تولید می‌شود که مشخص‌کننده نواحی پوشیده شده از عنبیه توسط پلک‌ها و مژه‌ها می‌باشد. در شکل 1 نمونه‌ای از مرزهای بدست آمده برای ناحیه عنبیه و پلک‌ها نشان داده شده است.

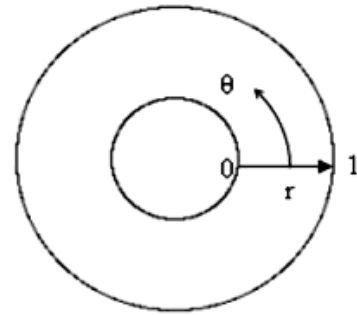
5- استخراج ویژگی

5-1- موجک دوبچیز 2

یکی از فاکتورهای مهم در سامانه‌های تشخیص هویت، سرعت پاسخ‌دهی سامانه است به همین دلیل ابعاد بردار ویژگی استخراج شده از ناحیه عنیه باید حتی‌الامکان کوچک باشد. با توجه به اینکه تصویر نگاشته شده دارای ابعاد بزرگی است، برای کاهش ابعاد آن در این مقاله از موجک دوبچیز 2 استفاده شده است تا ضمن اینکه ابعاد تصویر کاهش داده می‌شوند، اطلاعات مهم موجود در بافت همچنان حفظ شوند. شکل 3 مراحل اعمال تبدیل موجک به تصویر نگاشته شده را نشان می‌دهد. در این شکل H و L به ترتیب معرف فیلتر بالاگذر و پایین‌گذر هستند و HH به معنی اعمال فیلتر بالاگذر در هر دو راستای عمودی و افقی به تصویر است. برای تصویر 52×256 بدست آمده از مرحله پیش‌پردازش، با دو بار اعمال تبدیل موجک دوبچیز 2 به تصویری با ابعاد 16×61 می‌رسیم. در مرحله بعد از این تصویر برای استخراج بردار ویژگی استفاده می‌کنیم.

5-2- فیلترهای گابور

فیلترهای گابور که در معادله (2) نشان داده شده‌اند از ترکیب یک تابع نمایی با یک تابع گوسی بدست می‌آیند. ثابت می‌شود که موجک گابور بیشترین همبستگی را بین نمایش حوزه زمان و نمایش حوزه فرکانس سیگنال دارد [4]. به‌علاوه این فیلترها نمایش یکسانی را در حوزه زمان و فرکانس دارند. فیلترهای گابوری که در پردازش تصویر بکار می‌روند دوبعدی هستند و هر فیلتر دارای فرکانس و جهت مشخصی است.



شکل 2: فاصله شعاعی r و زاویه θ در این شکل نشان داده شده‌اند

4- پیش‌پردازش

شرایط تصویربرداری مانند محل قرار گرفتن منبع نور ممکن است باعث شود که نور محیط بطور یکنواخت در تمامی سطح عنیه پخش نشده باشد و در نتیجه تصویر گرفته شده از نظر تباین (کنتراست) دارای کیفیت پایینی باشد، به‌علاوه با توجه به اینکه عمل شناسایی با استفاده از الگوهای موجود در بافت عنیه انجام می‌شود و این الگوها نسبت به نویز بسیار حساس هستند، بر روی تصویر نگاشته شده ابتدا عمل برابرسازی شدت نور را انجام می‌دهیم تا کیفیت تصویر از نظر تباین بهبود یابد و سپس فیلتر تطبیقی وینر که خود را به واریانس‌های محلی وفق می‌دهد را به تصویر اعمال می‌کنیم تا اثرات نویزهای فرکانس بالا حذف شوند.

قسمت‌های بالایی و پایینی ناحیه عنیه معمولاً توسط پلک‌ها پوشیده شده‌اند، برای کم کردن اثر این انسداد و با توجه به اینکه انسداد قسمت‌های بالایی عنیه بیشتر از پایین آن است، دو کمان 90 درجه را از دو طرف ناحیه عنیه برای استخراج ویژگی انتخاب می‌کنیم که 30 درجه از کمان در نیمه بالایی و 60 درجه آن در نیمه پایینی عنیه قرار دارد.

چون ممکن است که مرز خارجی عنیه دقیق شناسایی نشده باشد و قسمت‌هایی از صلبیه نیز به‌عنوان عنیه در نظر گرفته شود 20٪ پایینی نوار نگاشته شده که مربوط به این ناحیه می‌باشد را حذف می‌کنیم.

دیگر که در شرایط زمانی دیگری گرفته شده به عنوان تصاویر آزمایش استفاده می‌گردد.

بردارهای ویژگی بدست آمده از تصاویر مرحله ثبت نام در پایگاه داده، ذخیره شده و بردار بدست آمده برای هر تصویر از تصاویر مرحله آزمایش طبق رابطه زیر با کدهای ذخیره شده در پایگاه داده مقایسه شده و فاصله هر دو تصویر بدست می‌آید. سپس با قرار دادن یک آستانه مراحل تشخیص و تایید هویت انجام شده‌اند.

$$d_i = \begin{cases} 1 & \text{if } X = Y \\ 0 & \text{if } X \neq Y \end{cases} \quad (3)$$

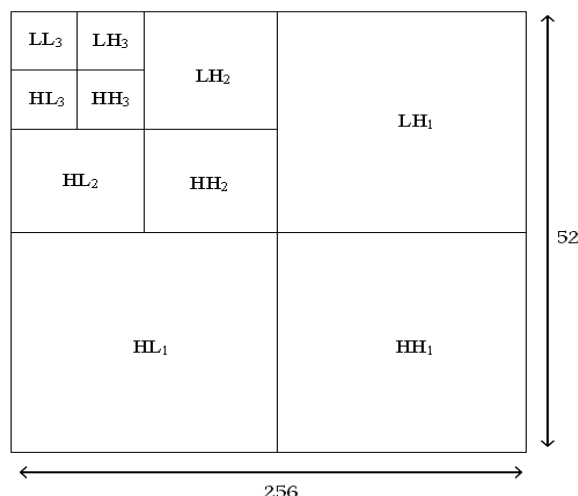
$$Dist = \sum_i d_i$$

شکل 4 توزیع فواصل درون کلاسی و برون کلاسی را برای تصاویر نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود این دو ناحیه دارای اشتراک کمی هستند. یکی از مسائل مهم در این نوع سامانه‌ها مقاومت سامانه نسبت به چرخش سر یا کاسه چشم است که برای حل این مشکل بردارهای بدست آمده را در دو جهت چپ و راست حرکت داده و با تصاویر موجود در پایگاه داده مقایسه می‌کنیم و کمترین فاصله را به عنوان فاصله دو تصویر در نظر می‌گیریم.

6-1- کارایی کلی سامانه طراحی شده:

کارایی یک سیستم بیومتریک معمولاً با توجه به نرخ خطای رد کردن به اشتباه (FRR) و نرخ خطای تشخیص دادن به اشتباه (FAR) ارزیابی می‌شود و با توجه به میزان تداخل این دو ناحیه، حد آستانه برای جداسازی فواصل درون کلاسی و برون کلاسی انتخاب می‌شود [6]. برای محاسبه FRR فواصل تصویر هر فرد با تصاویر مربوط به سایر افراد در پایگاه داده محاسبه می‌شود. در شکل 5 توزیع این فواصل نشان داده شده است. در این تصویر محور عمودی نمایانگر تعداد تصاویر و محور افقی معرف فاصله بین دو تصویر است.

برای محاسبه FAR فاصله هر تصویر را با سایر تصاویر متعلق به همان فرد در پایگاه داده محاسبه می‌کنیم. توزیع این فواصل در



شکل 3: مراحل اعمال تبدیل موجک دوبخیز 2 به تصویر عنبیه

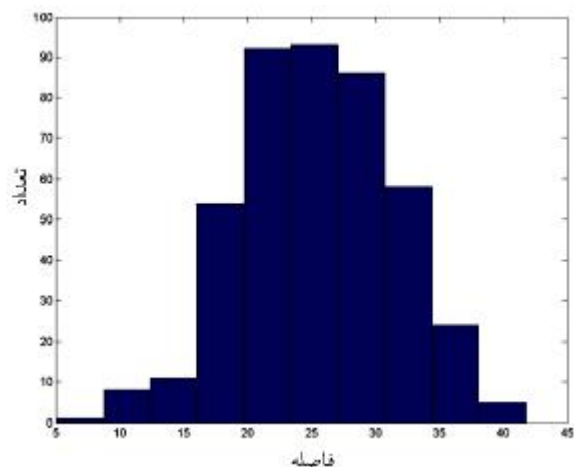
$$G(x, y) = e^{-p[\frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2}]} e^{-2pi[u_0(x-x_0)+v_0(y-y_0)]} \quad (2)$$

برای بدست آوردن بردار ویژگی ابتدا فضای دوبعدی تصویر را به 8 جهت مختلف تقسیم می‌کنیم و سپس هشت فیلتر گابور را که همگی دارای فرکانس یکسان بوده و هر یک در یکی از جهت‌های مشخص شده است، به تصویر اعمال می‌کنیم. در آخر به ازای هر پیکسل از تصویر، جهتی را که خروجی اعمال فیلتر گابور در آن جهت بیشترین مقدار را دارد به عنوان نماینده آن نقطه از تصویر در بردار ویژگی در نظر می‌گیریم. در ادامه با استفاده از کدی که نشان دهنده نواحی مسدود شده توسط پلک‌ها و مژه‌ها می‌باشد، اطلاعات مربوط به این نواحی را در بردار ویژگی بدست آمده حذف می‌کنیم تا بردار ویژگی فقط شامل اطلاعات ناحیه عنبیه باشد.

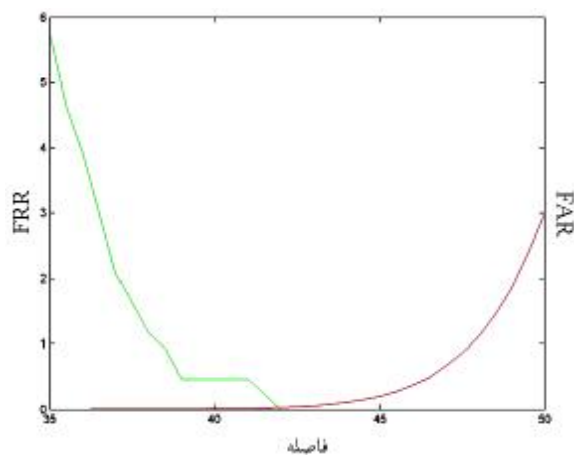
6- نتایج تجربی

برای بررسی کارایی سامانه طراحی شده از پایگاه تصاویر CASIA استفاده شده است که شامل 756 تصویر از 108 نفر است و از 7 تصویر متعلق به هر نفر 3 تصویر که در یک زمان و مکان مشخص گرفته شده‌اند به عنوان تصاویر ثبت نام و 4 تصویر

با انتخاب 41/4 به عنوان نقطه جداساز، کارایی سامانه بهینه می‌شود. در جدول 1 نرخ خطای رد کردن به اشتباه FRR به ازای سه نقطه کار نامی نرخ خطای تشخیص دادن به اشتباه FAR نشان داده شده است.



شکل 6: توزیع فاصله هر تصویر را با سایر تصاویر متعلق به همان فرد (فواصل دروغ‌گویی)



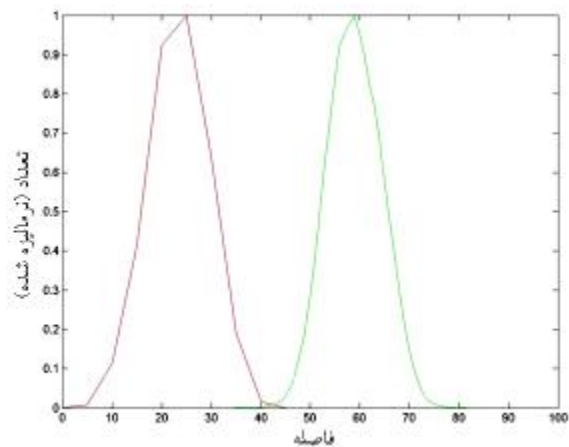
شکل 7: نمودار نرخ خطای FRR و FAR برحسب فواصل بین تصاویر

جدول 1: نرخ خطای رد کردن به اشتباه به ازای سه نقطه کار نامی نرخ خطای تشخیص دادن به اشتباه

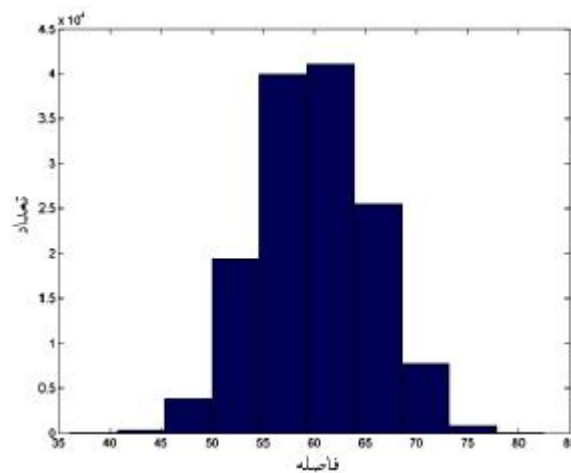
False Accept Rate (%)	False Reject Rate (%)
0.001	2.08
0.01	0.0
0.1	0.0

در جدول 2 نرخ موفقیت و نرخ خطای معادل EER برای روش ارائه شده و چند روش معروف دیگر آورده شده است. معیار نرخ

شکل 6 نشان داده شده است. در این شکل محور عمودی معرف تعداد تصاویر و محور افقی نمایانگر فاصله بین دو تصویر است.



شکل 4: توزیع فواصل دروغ‌گویی و برون‌گویی تصاویر آزمایش شده (منحنی قرمز نشان دهنده فواصل دروغ‌گویی و منحنی سبز نشان دهنده فواصل برون‌گویی می‌باشد)

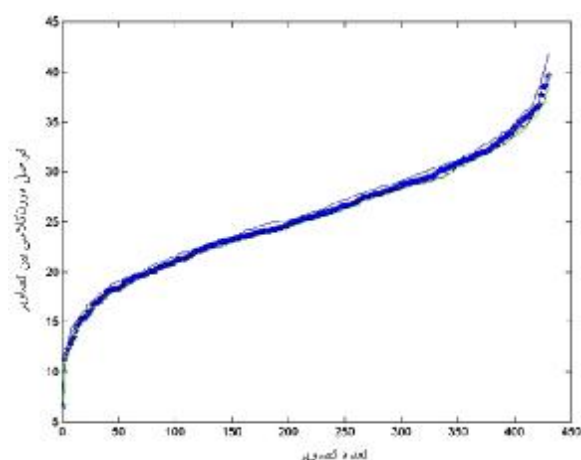


شکل 5: توزیع فواصل تصاویر هر فرد با تصاویر مربوط به سایر افراد در پایگاه داده (فواصل برون‌گویی)

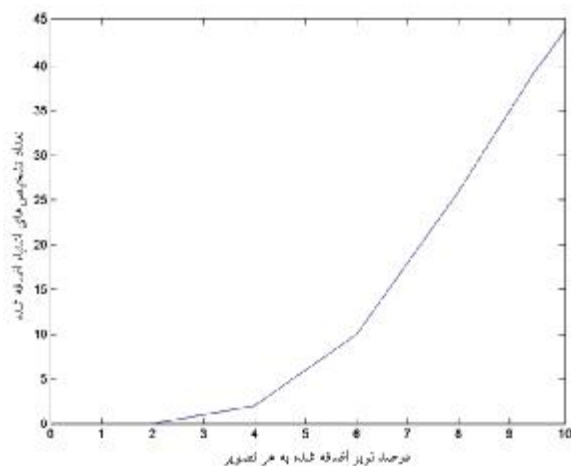
در شکل 7 نمودار نرخ خطای FRR و FAR برحسب فواصل بین دو تصویر رسم شده است و می‌توان به کمک آن حد آستانه مناسب را جدا کردن نواحی مربوط به فواصل دروغ‌گویی و برون‌گویی انتخاب کرد. با انتخاب محل برخورد دو نمودار به عنوان نقطه جداساز می‌توان میزان هر دو نوع خطا را کمینه کرد.

تغییرات							
3 Fails	No	No	No	No	No	No	No
وجود آمده							

در شکل 8 نتایج حاصل از کاهش دادن تباین تصاویر نشان داده شده و در شکل 9 نتایج حاصل از اضافه کردن نویز فلفل-نمکی به تصاویر نشان داده شده است.



شکل 8: نتایج مربوط به آزمایش حساسیت سامانه در برابر کاهش تباین. توزیع فواصل تصاویر با کاهش تباین و مقایسه با تصاویر اصلی



شکل 9: نمودار تغییرات درصد موفقیت تشخیص هویت سامانه به ازای نویز فلفل-نمکی برای آلوده شدن از صفر تا 10 درصد از ناحیه عنبیه

خطای معادل (EER) بیانگر میزان خطای سامانه است هنگامی که نرخ خطای رد کردن به اشتباه با نرخ خطای تشخیص دادن به اشتباه برابر باشد. این معیار برای ارزیابی کارایی سیستم بیومتریک بکار می‌رود و هرچه کمتر باشد نشان دهنده کارایی بهتر سامانه است.

جدول 2: مقایسه درصد موفقیت و EER روش‌های مختلف

نرخ خطای معادل	نرخ موفقیت	روش
8.13	92.64	بولز [8]
0.08	100	داگمن [1]
0.29	99.6	ما [5]
0.07	100	ما [3]
0.57	99.19	زو [10]
1.76	-	وایلدز [11]
0.017	99.30	روش ارائه شده

همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود نرخ خطای معادل روش ارائه شده در این مقاله خیلی کمتر از مقدار این خطا در روش‌های قبلی است. همچنین نرخ موفقیت این روش نیز قابل مقایسه با سایر روش‌ها می‌باشد. در ادامه مقاومت سامانه در برابر تغییرات شدت روشنایی محیط و تباین و نویز فلفل-نمکی بررسی شده است. در جدول 3 و 4 نتایج حاصل از تغییر دادن شدت روشنایی نشان داده شده است.

جدول 3: خطاهای نتایج آزمایشات افزایش شدت نور برای آزمایش

حساسیت سامانه

افزایش	25	40	60	70	90	100	110
تغییرات	No	No	No	No	No	No	11Fails
وجود آمده							

جدول 4: خطاهای نتایج آزمایشات کاهش شدت نور برای آزمایش

حساسیت سامانه

کاهش	25	40	60	70	90	100	110
------	----	----	----	----	----	-----	-----

7- نتیجه گیری

در این مقاله روشی با کارایی بالا برای تشخیص و تأیید هویت افراد با استفاده از الگوهای موجود در تصاویر عنبیه ارائه شده و برای پردازش این الگوها مطالعات زیر انجام شده است. ابتدا با شناسایی مرزهای داخلی و خارجی عنبیه و نیز پلک‌ها، ناحیه عنبیه از سایر نواحی تصویر چشم جدا شد و سپس با استفاده از تبدیل موجک و فیلترهای گابور در جهت‌های مختلف، بردار ویژگی مناسبی برای ناحیه عنبیه استخراج گردید و در نهایت با محاسبه فاصله بردار مربوط به هر تصویر با بردارهای مربوط به تصاویر موجود در پایگاه داده، عمل شناسایی انجام شد. بدین ترتیب نرخ موفقیت سامانه بر روی پایگاه داده CASIA برابر 99/30٪ و نرخ خطای معادل آن برابر 0/017٪ شد که قابل مقایسه با سایر روش‌های موجود برای تشخیص هویت با استفاده از تصاویر عنبیه می‌باشد.

8- منابع و مآخذ

- IEEE Trans. Image Processing, vol. 13, no. 6, June 2004.
- [4] J. Daugman, "Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters." Opt. Soc. Amer. A, Vol2, pp. 1160-1169, 1985
- [5] L. Ma, "Personal identification based on iris recognition," Ph.D dissertation, Inst. Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, June 2003.
- [6] S. Lim et al., "Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier", ETRI J., Vol 23, pp. 61-70, 2001
- [7] S. E. Grigorescu, N. Petkov, and P. Kruizinga, "Comparison of texture features based on Gabor filters", IEEE Transactions on image processing, vol.11, No. 10, October, 2002
- [8] W. Boles, B. Boashash. A human identification technique using images of the iris and wavelet transform. IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, 1998.
- [9] Tisse et al., "Person Identification technique using human iris recognition", Proc.15th int. Conf. on Pattern Recognition, Calgary, Canada, 2002.
- [10] Y. Zhu. T. Tan and Y. Wane. "Biometric personal identification based on iris patterns", Proc. 15th Int. Conf. on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, 2000
- [11] R.P. Wildes, "Iris recognition: An emerging biometric technology," Proceedings of the IEEE, vol.85, pp.1348-1363, Sept. 1997.
- [12] هاتف مهرابیان، احمد پورصابری، بابک نجار اعرابی، تشخیص مرزهای عنبیه در تصویر چشم در سامانه‌های تشخیص هویت با استفاده از ماسک لاپلاسین و تبدیل هاف چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر، مشهد، ایران، بهمن 1385
- [1] J. Daugman, "Statistical richness of visual phase information: update on recognizing persons by iris patterns," Int'l J. Computer Vision, vol. 45, no. 1, pp. 25-38, 2001.
- [2] J. Daugman, "Biometric personal identification system based on iris analysis." US. Patent No. 5291.560 issued March I. 1994
- [3] L. Ma, T. Tan, Y. Wang and D. Zhang, "Efficient iris recognition by characterizing key local variations,"