چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران
۲۶-۲۵ بهمن ماه ۱۳۸۵

طبقه بندی تصاویر رنگی عنبیه به کمک ماتریس هم-اتفاقی تصویر Hue: یک لایه از ساختار سلسله مراتبی برای شناسایی مقاوم افراد

سید مهدی حسینی
sm.hosseini@ece.ut.ac.ir

بابک نجار اعرابی
araabi@ut.ac.ir

حمید سلطانیان زاده
hszadeh@ut.ac.ir

دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر،
قطب علمی کنترل و پردازش هوشمند

چکیده: در دهه اخیر توجه قابل ملاحظه ای بر باز شناسی افراد از روی بیومتریک عنبیه شده است. روش های ارائه شده توانسته اند به شناسایی با دقت بالا دست یابند ولی عیب عمده این روش ها مقیاس پذیر نبودنشان است. آن چنان که عموما تنها روی بانک داده کوچک جواب خوبی می دهند. یک راه حل برای برخورد با مسئله مقیاس پذیری حرکت به سمت طبقه بندی سلسله مراتبی است.

در این مقاله روشی جدید برای طراحی لایه اول طبقه بندی کننده و استخراج ویژگی از تصاویر عنبیه ارائه شده است که بتواند مقاومت خود را در شناسایی افراد زیاد با تعداد کم تصویر بر نفر حفظ کند. ویژگی های مورد استفاده مستخرج از ماتریس هم-اتفاقی Hue تصاویر رنگی است. نتایج حاصل از آزمایش بر روی بانک داده UBIRIS نشان می دهد که می توان از این ویژگی ها در فاز شناسایی به خوبی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: طبقه بندی سلسله مراتبی[1]، عنبیه[2]، ماتریس هم-اتفاقی[3]، رنگ[4] و بیومتریک[5]

1- مقدمه

در جامعه مدرن امروزی، با توجه به رشد سریع اقتصاد و سرمایه گذاری، افزایش نیاز به شناسایی[6] یا بازشناسی[7] افراد احساس می‌شود. وقتی که اعطای دسترسی برای انجام کاری لازم باشد، بعنوان مثال ورود به مکانی ممنوعه یا حضور و غیاب افراد یک شرکت، اعطای اجازه عموما بصورت صدور امتیاز برای یک فرد یا یک گروه خاصی می‌باشد. روش‌های گوناگونی برای شناسایی افراد با توجه به شرایط آن جامعه یا محیط تعبیه می‌شوند [1].

یک سیستم بیومتریک، براساس مشخصه‌های منحصربفرد موجود در هر فرد اقدام به شناسایی خودکار افراد می‌کند. بیومتریک علم شناسایی یا بازشناسی یک شخص براساس خصوصیات رفتاری یا فیزیولوژی وی می‌باشد. مشخصه‌های فیزیولوژی بعنوان مثال شامل اثرانگشت، تصویر صورت،

[1] Hierarchical Classification
[2] Iris
[3] Co-occurrence Matrix
[4] Hue
[5] Biometric
[6] Identification
[7] Recognition

تصویر عنبیه و یا حالت ساختاری اعضای بدن از جمله دست، پا، گوش، حالت ترکیبی دندانها، سیاه رگ و غیره می‌باشند. در مورد بیومتریک عنبیه باید خاطر نشان کرد که هر عنبیه دارای خصوصیت منحصر بفرد و الگوی پیچیده ای بوده و در تمامی انسانها متفاوت می باشد و حتی عنبیه چشم راست با چپ فرق دارد [2].

عمل شناسایی در سیستم های بیومتریک بر اساس استخراج ویژگی ها مختلف از داده بانکی بیومتریک و نگاشت این ویژگی ها به فضایی که قابل مقایسه برای تمامی داده ها باشد، انجام می گیرد. یکی از قویترین تکنیک های بیومتریک، شناسایی عنبیه میباشد. این تکنیک برای اولین بار توسط پروفسور داگمن استاد دانشگاه کمبریج در سال 1993 ارائه داده شد [3]. بعد از آن روشهای متفاوتی ارایه داده شدند که تمامی آنها درصد درستی بالایی دارند. ولی باید دقت کرد که اکثر روشهای ارائه شده محدود به بانک داده حدود 1000 عکس گرفته شده از حدود 140 نفر میباشند. به عنوان مثال داده بانک کاسیا (CASIA Databank) دارای حدود 1000 عکس گرفته شده از 142 نفر می باشد. در حال حاضر روشی وجود ندارد که بتواند از میان داده بانک بالا تشخیص هویت انجام دهد. سیستم های موجود در سازمانهای پیشرفته دنیا از محدودیت داده بانک ذکر شده در بالا تبعیت میکنند. مراکز بین المللی از جمله فرودگاهها، که اخیرا بعضی کشورها سیستم شناسایی بیومتریک عنبیه در آن راه اندازی کرده اند نیز محدودیت بالایی را دارا میباشند. در واقع کاری که انجام میشود شناسائی مجرمان تحت پیگرد مد نظر است (که در نوع خود محدود میباشد) و از سوی دیگر جمع آوری داده بانک با تعداد بالا مد نظر سیستم های فرودگاهی میباشد.

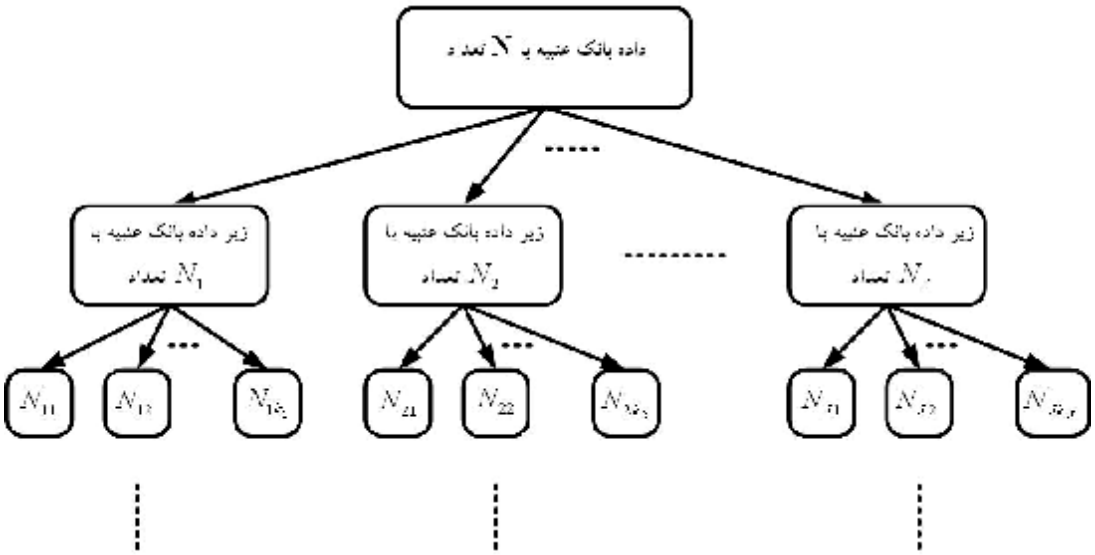
در اکثر سیستم های شناسایی بیومتریک عنبیه، بعد از استخراج معمولا یک ویژگی از عنبیه، مستقیما وارد بحث مقایسه و شناسایی میشود که این عمل منجر به شناسایی محدود خواهد شد. دو عمل می تواند باعث بهبود شده و درصد درستی تشخیص را بالابرد:

1) **استخراج ویژگی های متعدد:** هر ویژگی مستخرج شده، دارای تفکیک پذیری محدودی در فضای شناسایی می باشد. استخراج ویژگی با تفکیک پذیری بالا، مستلزم جستجوی ویژگی هایی است که بتواند نسبت به عوامل ناخواسته محیطی و فیزیکی مقاوم باشد. مثلا در تصویر برداری از عنبیه بحث نویز، رزولوشن پایین و یا نامناسب بودن نور محیط عکس برداری می تواند به نوبه خود تاثیر مستقیمی در استخراج ویژگی از تصویر داشته باشد. با این حساب، ویژگی های خوب که بتوانند نسبت به این عوامل مقاوم باشند میتوانند قدرت تفکیک پذیری زیادی داشته باشند.

2) **استفاده از طبقه کننده های سلسله مراتبی:** می توان بعد از استخراج ویژگی های متعدد از داده بانک بیومتریک، به دنبال سیستم طبقه کننده اتوماتیکی بود که بتواند در چندین مرحله عمل شناسایی را انجام دهد. به عنوان مثال در داده بانک بیومتریک عنبیه ابتدا می توان داده ها را در سبدهای طیف رنگی مشخص توزیع نمود. با این عمل می توان داده بانک با حجم زیاد را به چندین داده بانک با حجم کمتر تقسیم نمود. عمل تفکیک فقط در یک سطح انجام نمی گیرد، بلکه می توان هر سبد را باز به چندین زیر سبد با ویژگی های مختلف تقسیم نمود. این عمل تا جایی ادامه می یابد که در سبدهای زیرین تعداد داده بانک محدودتری موجود باشد. شکل.1 نشان دهنده ماهیت مساله می باشد. تصمیم گیری در این الگو به صورت درختی بوده به طوری که با شکستن داده به چندین زیر داده، می توان شناسایی موفق تری انجام داد.

2- تشکیل ماتریس هم-اتفاقی روی تصویر Hue عنبیه رنگی میتواند ویژگی های مقاوم تر و غنی تری نسبت به تصاویر خاکستری فراهم آورد

در تصاویر رنگی استفاده از تبدیل HSI میتواند ویژگی های مقاومتری نسبت به RGB ساده فراهم آورد، چرا که تصویر Hue ، که نشان دهنده رنگ خالص میباشد، پایداری مقاومتری نسبت به انعکاس روشنایی در تصاویر Gray خواهد داشت[4]. ساختار عنبیه دارای خصوصیت منحصر بفرد و الگوی



شکل.1: تصمیم گیری درختی برای تفکیک داده بانک عنبیه

پیچیده ای می باشد. تشکیل رنگ و الگوی عنبیه بر اساس تعداد رنگدانه های ملانین و کریپت ها (میزان فرو رفتگی ها) میباشد. رنگدانه های ملانین دارای دو نوع میباشند [5]:

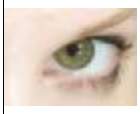
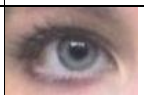
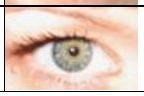
1- ملانوسیت: سلولهایی که ملانین تولید میکنند

2- سلولهای ملانو فرم: سلولهایی که ملانین را جذب میکنند

بر اساس توازن و تعادل دو لایه، میزان رنگ و الگوی عنبیه مشخص خواهد شد. در نوزادها قریب به 99٪ رنگ عنبیه آنها آبی بوده چرا که سلولهای ملانو فرم وجود نداشته و رنگدانه ها جذب نمیشوند. حالت ثابت عنبیه از 6 سالگی انسان تشکیل میشود و تا آن زمان بتدریج سلولهای ملانو فرم بوجود آمده و تعادل برقرار میشود.

طیف تغییرات رنگی در عنبیه انسان خیلی گسترده می باشد به طوری که می توان از این طیف های مختلف رنگی برای مستند سازی استفاده کرد [6]. این طیف رنگی از قهوه ای تیره تا آبی روشن متغیر می باشد [7]. در تقسیم بندی رنگهای عنبیه افراد مختلف می توان از اصطلاحات رنگی: قهوه ای، فندقی، کهربایی، سبز، خاکستری، آبی و حتی مخلوط این رنگ ها نام برد [8].

جدول.1. تقسیم بندی رنگ عنبیه افراد مختلف

نام رنگ	نمونه عکس	ویژگی
قهوه ای		- تعداد ملانین بسیار زیاد میباشند و نور راجذب میکنند - طول موج کوتاه را جذب می کنند
فندقی		- تعداد ملانین عادی است و رنگ آن بین آبی و قهوه ای است. - در اکثر ملت های مختلف دیده می شود
کهربایی		- این نوع رنگ در اکثر مواقع با رنگ فندقی اشتباه گرفته می شود و بیشتر در حیوانات یافت می شود و به "چشم گربه ای" معروف هستند - رنگ زرد قویتر می باشد
سبز		- این نوع رنگ بیشتر در کسانی یافت میشود که رنگ مویشان قهوه ای است - بیشتر در نژاد های سلت، آلمانی و اسلاوی یافت می شود
خاکستری		- این رنگ نوع دیگری از رنگ آبی است
آبی		- تعداد ملانین کم است - طول موج بزرگ را جذب میکنند
آبی-سبز		- از آبی تیره و لکه های سبز رنگ تشکیل می شود

با توجه به اینکه توزیع رنگدانه ها در عنبیه منحصر بفرد است و اینکه نوع رنگدانه ها در افراد مختلف متفاوت بروز می کند، می توان از این ویژگی استفاده کرد. استفاده از تصویر Hue و تشکیل ماتریس هم-اتفاقی میتواند بیانگر نحوه توزیع این رنگدانه ها باشد. علاوه بر این استفاده از تصویر Hue در عنبیه چنانچه ذکر شد، پایداری مقاومتری نسبت به انعکاس نور خواهد داشت، چرا که مساله انعکاس در عکس برداری عنبیه خود مشکل بزرگی است.

3- انتخاب اندازه ماتریس هم-اتفاقی و استخراج ویژگی از عنبیه

ماتریس هم-اتفاقی در واقع همان توصیف فرکانس های مربوط به P_{ij} می باشد که دو پیکسل همسایه جدا از هم با فاصله ثابت d که یکی با شدت خاکستری i و دیگری با شدت خاکستری j روی تصویر اتفاق می افتد. بنابراین ماتریس هم-اتفاقی از یک ماتریس مربعی که اندازه آن منوط به بیشینه شدت خاکستری پیکسل های موجود در تصویر می باشد تشکیل خواهد شد. هر المان P_{ij} بیانگر تعداد اتفاقات ساختار فوق می باشد: پیکسلی با اندازه i در فاصله مشخص d از پیکسل با اندازه j. اگر فاصله $d=1$ باشد چهار جهت ممکن مقدور می باشد که زاویه های ممکن بین دو پیکسل می توانند با: 135و 90، 45، 0 درجه بیان شوند [9].

از ماتریس هم-اتفاقی؛ اولین با هارلیک [10] برای استخراج ویژگی بافتی از تصویر به منظور عیب یابی میوه گریپ فرت استفاده کرد. هرچقدر مقادیر پیکسل های تصویر به همدیگر نزدیکتر باشند، به همان میزان تجمع زیادتری روی قطر اصلی ماتریس بوجود خواهد آمد. مزیت استفاده از این ماتریس بر هیستوگرام ساده تصویر این است که در مقایسه با هیستوگرام ساده که در آن اطلاعات مکانی پیکسل ها از بین رفته و فقط فراوانی مقادیر خاکستری پیکسل ها حساب می شوند، در این ماتریس موقعیت مکانی پیکسل ها نیز در نظر گرفته میشود. بطوری که هر چه توزیع مقادیر خاکستری گسترده تر باشد، واریانس زیادتری در ماتریس دیده خواهد شد.

با توجه به طیف گسترده رنگی در عنبیه، انتظار میرود که ابعاد ماتریس هم-اتفاقی بزرگ باشد ولی باید خاطر نشان کرد که تمامی این طیف رنگی در یک چشم بروز نمیکند، بلکه هر عنبیه دارای طیف رنگی محدودتری است. لذا می توان بعد ماتریس را کمتر از معمول (256×256) در نظر گرفت. به عنوان مثال انتخاب ابعاد 16×16 یا 32×32 می تواند به خوبی پاسخ گوی نیاز ما باشد.

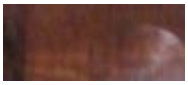
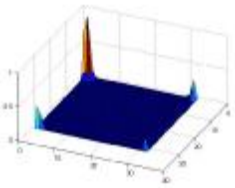
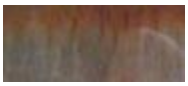
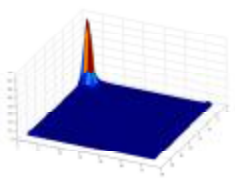
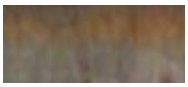
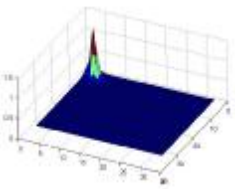
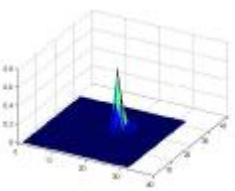
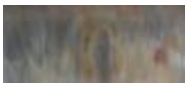
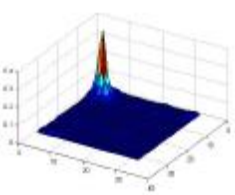
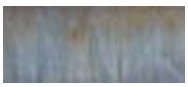
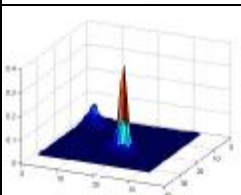
بعد از تشکیل ماتریس هم-اتفاقی بایستی بدنبال استخراج ویژگی های مناسبی بود که متمایز کننده یک کلاس از دیگری باشند. چنانچه دیده می شود بنا به رنگ های مختلف نحوه قرار گیری درایه های ماتریس فرق میکند. ویژگی هایی که بتواند چینشهای گوناگون را متمایز کند باید مد نظر قرار گیرند. هارلیک فرض کرده بود که اطلاعات بافتی در این ماتریس قرار گرفته اند. وی 14 نوع ویژگی در نظر گرفت که البته معمولا تنها پنج تای آن ها مورد استفاده قرار می گیرند، چرا که این 14 ویژگی خیلی به هم وابسته هستند [11]. چهار ویژگی رایج عبارتند از: آنتروپی[12]، انرژی، کنتراست و هم جنسی [13]. جدول.1 تشکیل ماتریس هم-اتفاقی به اندازه 32×32 برای 3 رنگ انتخابی فندقی، آبی و آبی-خاکستری را نشان میدهد.

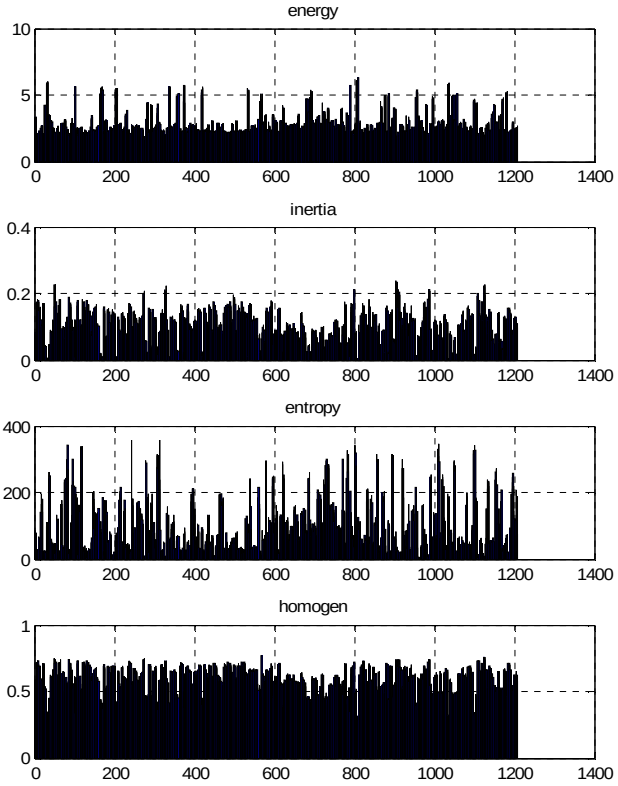
در فرایند تشکیل ماتریس هم-اتفاقی استفاده از تصاویر Hue مد نظر بوده است چرا که این تصاویر مقاومت بالایی در برابر انعکاس نور تصویر از خود نشان می دهند. اندازه ماتریس 32×32 در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از به کار گیری چهار ویژگی یاد شده نشان می دهد که به خوبی می توان تفکیک مناسبی بین تصاویر عنبیه با رنگ های مختلف ایجاد کرد. شکل.2 نشان دهنده خروجی بدست آمده از چهار ویژگی یاد شده می باشد. ترتیب چینش خروجی ها برای هر ویژگی به این صورت است که از یک تا پنج متعلق به یک فرد، از شش تا 10 متعلق به فرد دیگری است و این ترتیب برای تمامی تصاویر رعایت شده است.

با توجه به خروجی ویژگی های بدست آمده در شکل.2 می توان دریافت که این ویژگی ها بدلیل واریانس بالا قابلیت تفکیک پذیریبرخوردار هستند. به عنوان مثال آنتروپی بدست

آمده نشان می دهد که واریانس خروجی ها بالا بوده و در کنار آن مقادیر هم کلاسی ها تقریبا یکی است. از این ویژگی می توان برای خوشه بندی تصاویر در لایه اول طبقه کننده سلسله مراتبی استفاده نمود تا داده ها را به زیر سبد های مختلف با رنگهای مشابه تقسیم کرد.

جدول-2: تشکیل ماتریس هم-اتفاقی برای رنگهای مختلف عنبیه برای داده بانک UBIRIS

نام رنگ	تصویر عنبیه نمایش داده شده در مختصات کارتزین (از سری عکس های **UBIRIS**)	ماتریس هم-اتفاقی در نمایش 3 بعدی
قهوه ای		
فندقی		
کهربایی		
آبی		
خاکستری -قهوه ای		
آبی- خاکستری		



الف
ب
ج
د

شکل.2:الف) خروجی انرژی برای تمامی تصاویر ب) خروجی کنتراست برای تمامی تصاویر ج) خروجی آنتروپی برای تمامی تصاویر د) خروجی هم جنسی برای تمامی تصاویر

4- خوشه بندی تصاویر عنبیه بر اساس ویژگی های بدست آمده

در این بخش به بررسی قابلیت تفکیک پذیری ویژگی های بدست آمده در بخش 3 می پردازیم. برای خوشه بندی یک داده بانک بر اساس ویژگی های موجود برای آن داده ها، ابتدا بهتر است که یک تحلیل وابستگی روی این ویژگی ها نمود. روش استاندارد PCA (Principle Component Analysis) [14]، ابزار مناسبی برای این تحلیل است. این روش نگاشتی بین فضای ویژگی ها به یک فضای با ابعاد کوچکتر پیدا میکند. ولی در بعضی مجموعه ها استفاده از ویژگی های اصلی بهتر از

پیدا کردن این نگاشت می باشد. مزیت پیدا کردن این زیر مجموعه حذف هزینه محاسباتی ویژگی های غیر لازم است.

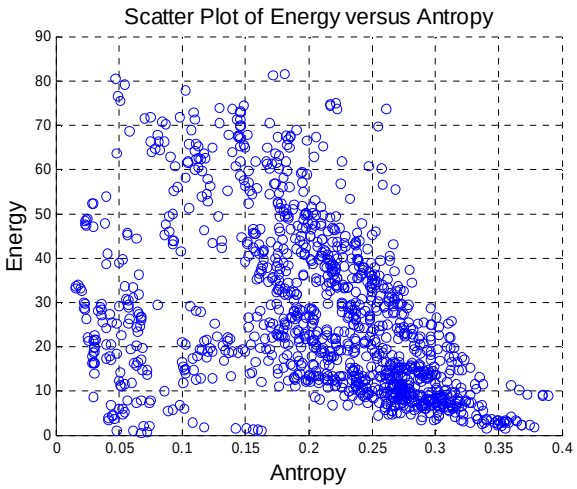
مطالعه ویژگی های غالب از اهمیت بالایی برخوردار است است. با استفاده از آنالیز یاد شده، 4 بردار ویژه بدست می آید که بزرگی آنها نشان دهنده قالب بودن آنها است. جدول 3 این مقادیر ویژه را نشان می دهد.

جدول-3: مقادیر ویژه بدست آمده از آنالیز PCA

ویژگی	مقدار بردار ویژه
انرژی	187.8212
کنتراست	18.33
آنتروپی	43.35
هم جنسی	3.83

در اینجا ویژگی های انرژی در حدود 74.14٪ و آنتروپی در حدود 17.11٪ غالب هستند. می توان از 2 ویژگی انرژی و آنتروپی برای خوشه بندی استفاده کرد به طوری که اعم اطلاعات را در بر داشته باشیم.

برای بررسی، از روش معروف FCMC[1] برای خوشه بندی داده ها بر اساس دو ویژگی غالب آنتروپی و کنتراست استفاده می کنیم. داده بانک بدست آمده از این دو ویژگی که دارای 1208 تصویر است را در شکل 3 نشان داده شده است.



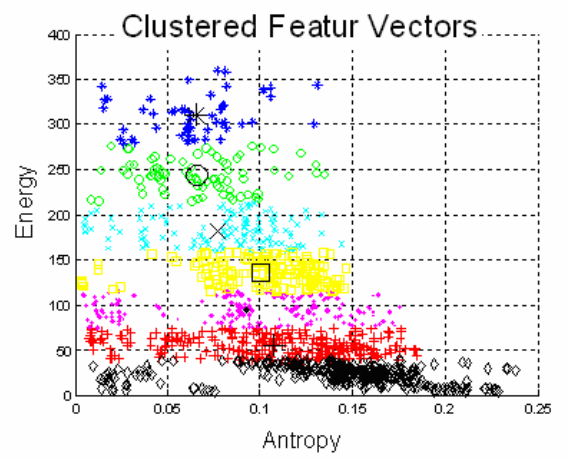
شکل-3: داد های آموزش دوبعدی (آنتروپی-انرژی)

[1] Fuzzy C-Mean Clustering

جدول-4: درصد درستی خوشه بندی برای تعداد خوشه های مختلف

تعداد خوشه ها	درصد درستی خوشه بندی
2	٪96.69
3	٪93.29
4	٪92.05
5	٪86.92
6	٪86.84
7	٪86.84
8	٪86.84
9	٪86.92
10	٪86.84

شکل 4 تفکیک بندی برای 7 خوشه را به روش FCMC را نشان می دهد:



شکل-4: تفکیک بندی داده بانک 2 ویژگی یاد شده از UBIRIS به 7 خوشه

با توجه به نتایج بدست آمده از خوشه بندی فازی C-Mean بهترین نتیجه معادل 96.69٪ برای خوشه بندی به 2 سبد می باشد. این نتیجه برای طبقه اول چندان جالب نیست چرا که معیار در انتخاب لایه اول دارا بودن درصد تشخیص بالا است. یکی از عوامل ایده آل نبودن تشخیص، بالا بودن مقدار نویز تصاویر می باشد. گرداورندگان داده بانک UBIRIS در مقاله[15] توضیح داده اند که مقدار نویز این داده بانک زیاد است. جدول 5 نشان دهنده کیفیت تصاویر گرفته شده برای این داده بانک است. این تصاویر که متشکل از دو مجموعه

1215 تایی و 662 تایی هستند، با توجه به سه پارامتر تمرکز[1]، بازتاب[2] و وضوح عنبیه[3] طبقه بندی می شوند. هر یک از این طبقات خود به سه دسته خوب، معمولی و بد تقسیم بندی می شوند.

جدول-5: جزئیات طبقه بندی داده بانک UBIRIS

پارامتر	خوب	معمولی	بد
تمرکز	٪73.83	٪17.53	٪8.63
بازتاب	٪58.87	٪36.78	٪4.34
وضوح عنبیه	٪36.73	٪47.83	٪15.44

با توجه به جدل.5 در می یابیم که خطای خوشه بندی عاری از عیب های ذکر شده نمی باشد. با این توصیف حتی می توان گفت که سیستم خوشه بندی در مقابل این نویز ها نه تنها بد عمل نمی کند بلکه مقاومت بالایی نیز دارد.

نتایج

در این تحقیق روشی نوین بر اساس طبقه کننده سلسله مراتبی برای طبقه بندی تصاویر عنبیه ارائه شد. نشان داده شد که تنوع رنگ های عنبیه در افراد مختلف زیاد بوده و می توان از این خصوصیت برای استخراج ویژگی استفاده نمود. ماتریس هم-اتفاقی به عنوان ابزار مناسبی برای بیان این اختلاف ها معرفی شد. سپس به بررسی استخراج ویژگی های مناسب از ماتریس هم-اتفاقی با استفاده از آنالیزPCA پرداخته شد. ویژگی های بدست آمده با روش فازی C-Mean خوشه بندی شد و مشاهده شد که علی رغم بالا بودن مقدار نویز در داده بانک مورد استفاده (UBIRIS)، در صد بالایی از تصاویر به درستی خوشه بندی شدند.

مراجع

[1] "طراحی سیستم تشخیص هویت براساس تحلیل تصاویر عنبیه چشم،" احمد پورصابری، پایان نامه کارشناسی ارشد در گرایش مهندسی برق-کنترل و پردازش هوشمند، دانشگاه تهران، شهریور 1384.

[2] "Summary of a Workshop on the Technology, Policy, and Cultural Dimensions of Biometric Systems," Kristen Batch, Lynette I. Millett, Joseph N. Pato, Editors, Whither Biometrics Committee, National Research Council, ISBN: 0-309-65787-3, 62 pages, (2006).

[3] John 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, November 1993.

[4] R.C. Gonzales and R.E. Woods, Digital Image Processing. Published by Prentice Hall, 2002

[5] Sturm RA, Frudakis TN. "Eye colour: portals into pigmentation genes and ancestry." Trends Genet. Aug 2004.

[6] German EJ, Hurst MA, Wood D, Gilchrist J. "A novel system for the objective classification of iris colour and its correlation with response to 1% tropicamide." Ophthalmic Physiol Opt. 1998.

[7] Huiqiong Wang, Stephen Lin, Xiaopei Liu, Sing Bing Kang. "Separating Reflections in Human Iris Images for Illumination Estimation." Proc. IEEE International Conference on Computer Vision, 2005.

[8] Eiberg H, Mohr J, "Major genes of eye color and hair color linked to LU and SE," Clin Genet, March 1987.

[9] Nissim K. Harel and Timothy E. Smith, "A Texture Based Approach to Defect Analysis of Grapefruits," Georgia Institute of Technology, CS7321 Winter 1997.

[10] R. M. Haralick, K. Shanmugam and I. Dinstein, "Textural features for image classification," Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 3(6):610-621, 1973.

[11] Vincent Arvis, Christophe Debain, Michel Berducat and Albert Benassi, "Generalization of The Co-occurrence Matrix For Colour Images: Application to Colour Texture Classification," Image Anal Stereol, 23:63-72, 2004.

[12] C. E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication," Reprinted with corrections from The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

[13] Mari Partio, Bogdan Cramariuc, Moncef Gabbouj, and Ari Visa, "Rock Texture Retrieval Using Gray Level Co-occurrence Matrix," Tampere University of Technology

[14] Ira Cohen, Qi Tian, Xiang Sean Zhou, Thomas S. Huang. Feature Selection Using Principal Feature Analysis, IEEE ICIP 2002.

[15] Hugo Proenc¸a and Lu´ıs A. Alexandre, "UBIRIS: A noisy iris image database," in Proc. Of Intern. Confer. On Image Analysis and Processing (ICIAP 2005), ISBN: 3-540-28869-4, 2005.

[1] Focus
[2] Reflection
[3] Iris Visible