بسم الله الرحمن الرحیم

باسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب **مهدی عزیزی** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه که حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

مهدی عزیزی

امضاء

تهران- لویزان- کد پستی 16788 - صندوق پستی163- 16785 تلفن 9-22970060 (داخلی2347) نمابر22970011 پست الکترونیکی
sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

استفاده از ترکیب طبقه‌بندها برای بازشناسی چهره با یک نمونه آموزشی از هر فرد

نگارش

مهدی عزیزی

استاد راهنما : دکتر رضا ابراهیم پور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق - الکترونیک

اردیبهشت ماه 1391

شماره: ۸۲/۱۶۲
تاریخ: ۹۱/۱۰/۲۴
پیوست:

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای **مهدی عزیزی** رشتهٔ: **مهندسی برق- الکترونیک** با عنوان **استفاده از ترکیب طبقه‌بندها برای بازشناسی چهره با یک نمونه آزمایشی از هر فرد**، که در تاریخ ۹۱/۲/۳۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه خوب، امتیاز ۱۷/۲۳) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـ عالی (۲۰ – ۱۹)

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر رضا ابراهیم پور	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر نصور باقری	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر محمدرضا دلیری	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد شمس‌اسفندآبادی	استادیار	

دکتر سعید علیائی
۹۱/۱۰/۲۴
رئیس دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

تهران، لویزان، کد پستی: ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به

مادر

عزیزتر از جانم

از استاد گران‌قدرم جناب آقای دکتر رضا ابراهیم پور که واقعاً تا به این لحظه زحمات فراوانی را برایم کشیده‌اند نهایت تشکر و قدردانی را دارم و امیدوارم که با تلاش و کوشش‌هایم بتوانم جزء اندکی از زحمات استاد گران‌قدرم را جبران کنم.

چکیده

بازشناسی چهره در دو دهه اخیر توجه ویژه ای را به خود جلب کرده است. با این وجود هنوز یکی از مسائل پیچیده‌ی حل نشده، تلقی می‌شود. چهره در اصل سه‌بعدی می باشد ولی به صورت ماتریسی دو بعدی ذخیره می‌شود و تغییراتی مانند زاویه و شدت نور، حالت چهره، زاویه دوربین نسبت به چهره و تغییرات زمانی، می‌تواند بازشناسی چهره را بسیار سخت کند. به نظر می‌رسد که در میان روش‌های مختلف بازشناسی چهره روش‌های کلی‌نگر[1]، موفقیت بیشتری کسب کرده باشند. امروزه روش‌های استخراج ویژگی معروفی مانند تحلیل مؤلفه‌های اصلی[2] و تحلیل جدا کننده خطی[3] توانسته‌اند ادبیات این موضوع را به خود اختصاص دهند. با این وجود وقتی که فقط یک نمونه آموزشی از هر فرد وجود دارد، این روش‌ها کارایی کمتری از خود نشان می‌دهند. درصد بازشناسی در روش تحلیل مولفه‌های اصلی کاهش می یابد و امکان استفاده از تحلیل جدا کننده خطی وجود ندارد.

در این پایان نامه روش جدیدی برای حل مسئله یک نمونه آموزشی از هر فرد ارائه شده است. ابتدا مکان اجزای چهره[4] استخراج گشته و از آنجایی که تغییرات در چهره غیر خطی می باشد، از مورف[5] برای خطی کردن داده‌ها استفاده شده است. با توجه به وجود یک نمونه آموزشی از هر فرد و عدم امکان اعمال تحلیل جدا کننده خطی بر روی داده های آموزشی، از مجموعه داده دیگری که مجموعه داده معاون[6] نامیده می شود، برای تعیین چهره‌های ویژه[7] استفاده شده است. همچنین طبقه‌بند دیگری که ورودی آن، مکان اجزای چهره می‌باشد، ایجاد شده است. در پایان دو طبقه‌بند با یکدیگر ترکیب شده‌اند. با توجه به گوناگونی[8] بالای دو طبقه‌بند نتیجه ترکیب آن ها درصد بازشناسی را بصورت قابل ملاحظه‌ای بالا برده است. نتایج بدست آمده از آزمایش‌های انجام شده نشان می دهد که روش ارائه شده، نرخ بازشناسی را بیش از 10 درصد نسبت به روش های موفق اخیر، بهبود بخشیده است.

کلمات کلیدی: بازشناسی چهره، یک نمونه آموزشی از هر فرد، ترکیب طبقه‌بندها، چهره‌های ویژه، مجموعه داده معاون، مورف

---

[1] Holistic
[2] Principal component analysis(PCA)
[3] Linear discriminant analysis(LDA)
[4] Facial features
[5] Morph
[6] Accessorial database
[7] Eigen faces
[8] Divercity

فهرست مطالب

فصل اول: طرح مسأله

1-1- مقدمه 2

2-1- ساختار پایان نامه 3

3-1- بازشناسی الگو 4

1-3-1- بازشناسی چهره 4

2-3-1- روش‌های عمده بازشناسی چهره 5

3-3-1- بازشناسی چهره با استفاده از یک نمونه آموزشی 8

4-1- طبقه‌بندی 11

5-1- ترکیب طبقه‌بندها 12

6-1- اهداف پایان نامه 13

فصل دوم: مروری بر ادبیات تحقیق

1-2- مقدمه 16

2-2- مروری بر روش‌های بازشناسی چهره 17

2-2-1- روش‌های بر اساس ویژگی‌های محلی تصویر 17

2-2-2- روش‌های کلی نگر 19

3-2- بازشناسی چهره با استفاده از یک نمونه آموزشی از هر فرد 29

2-3-1- روش‌های کلی نگر 31

2-3-2- روشهای محلی 40

2-3-3- روش‌های ترکیبی 46

4-2- جمع بندی 48

فصل سوم: طبقه‌بندی و ترکیب طبقه‌بندها

3-1- طبقه‌بندی 51

3-2- ترکیب طبقه‌بندها 55

3-2-1- مقدمه 55

3-2-2- اهمیت ترکیب طبقه‌بندها 57

3-2-3- روش‌های ایجاد گوناگونی 58

3-2-4- روش‌های ترکیب طبقه‌بندها 60

فصل چهارم: روش‌های ارائه شده برای بازشناسی چهره با یک نمونه آموزشی

4-1- مقدمه 73

4-2- توضیح روش ارائه شده به صورت کلی 74

4-3- استخراج نقاط چهره به صورت خودکار 75

4-4- مورف کردن تصاویر 75

4-5- استفاده از پایگاه داده معاون 77

4-6- طبقه‌بندی بر اساس تصاویر مرف شده 79

4-7- طبقه‌بندی بر اساس مکان نقاط استخراج شده از چهره 81

4-8- ترکیب طبقه‌بندها 85

4-9- نتایج تجربی 87

4-10- جمع بندی 93

فصل پنجم: جمع بندی و کارهای آینده

5-1- جمع بندی نهایی 95

5-2- روش‌های پیشنهادی برای کار های آینده 96

فهرست شکل‌ها

شکل 1-1 تصاویر ویژه استخراج شده از روش PCA 6

شکل 1-2 شش کلاس که از هر کدام پنج نمونه آموزشی موجود است و مناسب برای LDA 7

شکل 1-3 تطبیق گراف خوشه ای کشسان 8

شکل 1-4 کاهش شدید نرخ بازشناسی با کاهش تعداد نمونه های آموزشی از هر فرد 10

شکل 2- 1 نمایش طریقه گراف بندی چهره 19

شکل 2- 2 داده های دوبعدی که بیشتر در محور P1 پخش شده‌اند. 21

شکل 2- 3 تعدادی از تصاویر ویژه‌ی چهره 22

شکل 2- 4 نمایش یک چهره توسط چهره های ویژه.....22

شکل 2-5 ضعف تحلیل مؤلفه های اصلی در جدا سازی کلاس‌ها 26

شکل 2- 6 چهره های فیشر که از تحلیل جدا کننده خطی بدست در مجموعه داده ORL بدست آمده‌اند 28

شکل 2-7 نمونه‌هایی از حالاتی که روش تحلیل جدا کننده خطی به مشکل بر می‌خورد 29

شکل 2-8 33

شکل 2-9 چهره های بازسازی شده به ازای D های مختلف 35

شکل 2-10 ساخت تصاویر جدید با مدل نویزی 36

شکل 2-11 تصاویر مجازی اطراف تصویر واقعی (تصویر مرکزی) 40

شکل 2-12 مثالی از نقطه‌ی گوشه‌ی جهت دار 42

شکل 2-13 چهارچوب روش‌های بر مبنای ظاهر محلی 42

شکل 2- 14 انواع قالب‌های استفاده شده برای نواحی چهره توسط روش‌های بر مبنای ظاهر محلی 43

شکل 2- 15 مثالی از روش استفاده از نگاشت خود سازمان دهنده برای بیان تصویر چهره 45
شکل 4-1 نمودار بلوکی کلی روش ارائه شده برای بازشناسی چهره در این پایان نامه.....74
شکل 4-2 پیدا کردن نقاط چهره به صورت کاملاً خودکار 75
شکل 4-3 قطعه قطعه شدن تصویر برای مورف.....76
شکل 4-4 نگاشت قطعه مثلثی 77
شکل 4-5 نقش مجموعه داده معاون در تشخیص درست برچسب نمونه آزمایشی. 78
شکل 4-6 نمودار بلوکی سیستم پیشنهادی طبقه‌بندی بر اساس مرف 79
شکل 4-7 تصاویر چهره که همه به صورت استاندارد مرف شده‌اند. 80
شکل 4-8 مرف کردن تصاویر چهره با استفاده از نقاط زیاد 82
شکل 4-9 نمودار بلوکی طبقه‌بندی بر اساس نقاط استخراج شده از چهره 83
شکل 4-10 ارسال برچسب‌ها و فاصله برای ترکیب طبقه‌بندها 86
شکل 4-11 تصاویر چهر در مجموعه داده ORL 88
شکل 4-12 تصاویر یک کلاس از مجموعه داده AR 89
شکل 4-13 نقاط استخراج شده از چهره.....90

فهرست جدول‌ها

جدول 2- 1 مقایسه‌ی حساسیت ویژگی‌های محلی و کلی نسبت به انواع تغییرات 48
جدول 2- 2 مقایسه‌ی بین روش‌های با تعداد نمونه‌ی آموزشی زیاد و کم.....49
جدول 4-1 مقایسه نرخ بازشناسی روش ارائه شده و 2DPCA 91
جدول 4-2 نتایج تجربی آزمایشات انجام شده بر روی مجموعه داده AR 92
جدول 4-3 مقایسه نرخ بازشناسی چهره روش ارائه شده با روش‌های دیگر در مجموعه داده AR.....93

فصل اول

طرح مسأله

1-1- مقدمه

در سالیان اخیر بازشناسی چهره مورد توجه بسیاری از محققین، در زمینه بازشناسی الگو قرار گرفته است. به طوری که می‌توان گفت در حال حاضر بازشناسی چهره، اصلی‌ترین موضوع در بینایی ماشین، بازشناسی الگو و یادگیری ماشین، می‌باشد.

بازشناسی چهره به این مفهوم است که از میان تصاویر موجود تشخیص داده شود که هر تصویر به چه شخصی تعلق دارد. بازشناسی چهره، زیر مجموعه روش‌های زیستی[1] (از قبیل بازشناسی اثر انگشت، عنبیه و صوت) می‌باشد.

روش‌های زیستی از خصوصیات فیزیکی فرد استفاده می‌کنند. در حال حاضر به طور سنتی، از رمز عبور یا ارقام شناسایی برای تشخیص افراد استفاده می‌شود. مشکل روش‌های سنتی این است که ممکن است افراد دیگری از رمز شخص استفاده کنند یا این که شخص رمز خود را از یاد برده باشد. روش‌های زیستی می‌توانند بسیاری از مشکلات امنیتی موجود در روش سنتی را حل کنند.

در مورد اشکال روش‌های بازشناسی زیستی دیگر، به غیر از روش بازشناسی چهره می‌توان به این مسئله اشاره کرد که این روش‌ها نیازمند تعامل شخص با دستگاه می‌باشند. به عنوان مثال در روش بازشناسی اثر انگشت، شخص باید انگشت خود را در قسمتی دستگاه قرار دهد. همچنین در روش بازشناسی عنبیه فرد باید چشم خود را جلوی دستگاه نگه دارد تا عنبیه‌اش اسکن شود. در روش بازشناسی صوت نیز باید شخص با میکروفون صحبت کند.

---

[1] Biometric Approaches

ولی در روش بازشناسی چهره، سهولت کار بسیار کمتر می‌باشد به عنوان مثال شخص می‌تواند به راحتی جلوی دوربین بایستد و یا اینکه از جلوی آن رد شود. حتی بازشناسی چهره می‌تواند بدون اطلاع فرد اتفاق بیفتد. در بازشناسی چهره دیگر نیازی نیست که به فرد آموزش خاصی داده شود. خصوصیات برجسته بازشناسی چهره باعث شده است که پژوهشگران توجه بیشتری نسبت به روش‌های دیگر زیستی، به آن داشته باشند.

بازشناسی چهره می‌تواند در کاربرد های مختلفی مانند کنترل دسترسی افراد، شبکه‌های امنیتی، کنترل زمان ورود و خروج، شناسائی مجرمان و کنترل خروج متهمان در فرودگاه‌ها، روباتیک و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد [1].

1-2- ساختار پایان نامه

در این پایان نامه به موضوعات زیر پرداخته می‌شود:

فصل اول: در این فصل شرح مختصری به ادبیات موضوع، همچنین روش‌های بازشناسی، طبقه‌بندی و ترکیب بررسی داده شده است.

فصل دوم: در این فصل روش‌های بازشناسی چهره با یک نمونه آموزشی از هر فرد که تا به حال انجام شده است مورد بررسی قرار می‌گیرد.

فصل سوم: در این فصل روش‌ها طبقه‌بندی و ترکیب آن‌ها به صورت مختصر توضیح داده شده است.

فصل چهارم: در این فصل روش‌های پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته و همچنین آزمایش‌های انجام شده شرح داده می‌شود.

فصل پنجم: این فصل شامل جمع‌بندی مطالب، نتیجه‌گیری کلی و پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده است.

1-3- بازشناسی الگو[1]

بازشناسی الگو به معنای نسبت دادن عدد یا مقداری (برچسب) به عنوان خروجی برای مقادیر ورودی (نمونه) می‌باشد. به عنوان مثال کلاس بندی، زیر مجموعه بازشناسی الگو می‌باشد که تلاش دارد هر ورودی را به یک کلاس نسبت دهد. با وجود این بازشناسی الگو کلی‌تر بوده و شامل کلاس بندی، دسته بندی، رگرسیون و ... می‌شود [1].

1-3-1- بازشناسی چهره

بازشناسی چهره به صورت خودکار تقریباً ایده جدیدی است. در دهه 1960 اولین سیستم بازشناسی نیمه خودکار به وجود آمده است که در آن شخصی ویژگی‌هایی مانند مکان‌های چشم‌ها، بینی و لب را مشخص می‌کرد و با استفاده از فاصله های اجزای صورت و نسبت آن‌ها به هم ویژگی‌هایی استخراج می‌شد و با داده های آموزشی مقایسه می‌گشت. در دهه 1970 طرح دیگری حدود 21 ویژگی از چهره به صورت دستی استخراج می‌شد و سپس به صورت خودکار بررسی می‌گشت. این ویژگی‌ها عبارت بودند از چیزهایی مانند رنگ مو، ضخامت لب و غیره. مشکل هر دو روش ذکر شده این بود که استخراج اولیه به صورت خودکار انجام نمی‌شد.

در سال 1988 کایربی[2] و سیرویچ[3] روش جدیدی برای بازشناسی چهره ابداع کردند که از تحلیل مؤلفه های اصلی[4] استفاده می‌کرد. این متد در زمان خود روش بسیار برجسته ای به شمار می‌رفت زیرا با استفاده از فقط 100 تصویر از افراد تصاویر ویژه خوب و قابل قبولی ایجاد می‌شد. این ابداع باعث شد که سیستم بازشناسی چهره به صورت کاملاً خودکار ایجاد شود. البته این روش حساس به

---

[1] Pattern recognition
[2] Kirby
[3] Sirovich
[4] Principle component analysis

شرایط محیطی است ولی با این وجود باعث شد که تحقیقات در زمینه بازشناسی خودکار چهره به شدت گسترش یابد.

بازشناسی چهره هنوز مسئله ای حل نشده است و هر روشی دارای خطا می‌باشد ولی با این وجود نقش مهمی را در کاربردهایی مانند جلوگیری از جعل گذرنامه، تشخیص هویت کودکان گمشده، مقابله با جعل هویت و کمک به اجرای قانون دارد [1].

1-3-2- روش‌های عمده بازشناسی چهره

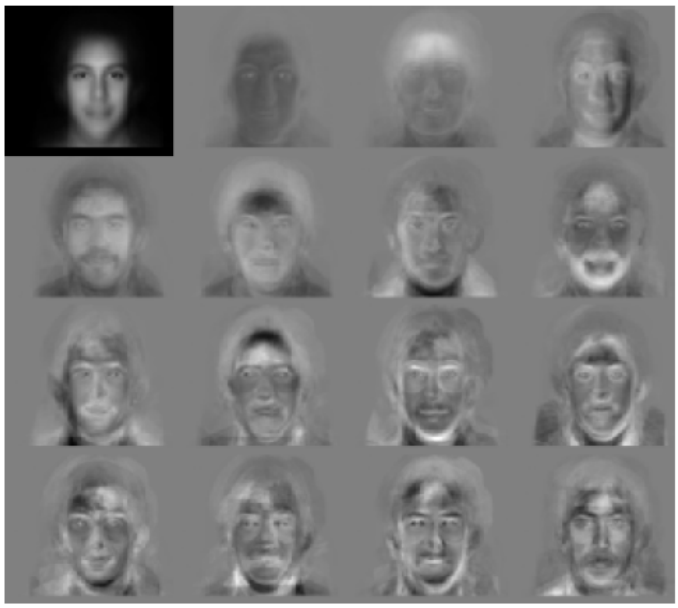
روش‌های بازشناسی چهره را می‌توان به دو بخش عمده تقسیم کرد: روش‌های بر پایه تصویر[1] و روش‌های هندسی[2]. از روش‌های بر پایه تصویر PCA[3] و LDA[4] دو روش عمده و تأثیر گذار بر ادبیات موضوع هستند و از روش‌های هندسی می‌توان به EBGM[5] اشاره کرد.

- **روش تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA):**

این روش توسط کایربی و سیرویچ در سال 1988 ابداع شده است. باید تمامی تصاویر هم سایز بوده و طوری باشند تا حد ممکن چشم‌ها، بینی و دهان بر روی هم منطبق باشند. پس از آن از PCA برای استخراج ویژگی یا کاهش بعد استفاده می‌گردد. این روش ویژگی‌های غیر مهم دیگر را دور می‌ریزد و در نتیجه فقط ویژگی‌های مهم در چهره بدست می‌آید. چهره های ویژه بدست آمده بر هم عمودند یعنی اینکه با هم همبستگی ندارند. در تصویر شماره 1-1 تصاویر ویژه مشخص شده است [3].

---

[1] Photometric
[2] Geometric
[3] Principle component analysis
[4] Linear discriminant analysis
[5] Elastic bunch graph matching



شکل 1-1 تصاویر ویژه استخراج شده از روش PCA [3]

- **روش تحلیل جدا کننده خطی(LDA):**

تحلیل جدا کننده خطی یک روش آماری می‌باشد که برای کلاس بندی داده های آزمایشی از روی داده های آموزشی بکار می‌رود. این تکنیک تلاش دارد که واریانس برون کلاسی را بیشینه واریانس درون کلاسی را کمینه کند. در شکل 1-2 هر کدام از بلوک‌های مربوط به یک کلاس می‌باشد. وقتی تعداد نمونه های آموزشی از هر کلاس کم است مسئله تعداد نمونه کم[1] پیش می‌آید. این مشکل وقتی پیش می‌آید که تعداد نمونه های آموزشی از هر کلاس بسیار کمتر از تعداد ابعاد (ویژگی‌ها) می‌باشد [4].

[1] Small sample size problem

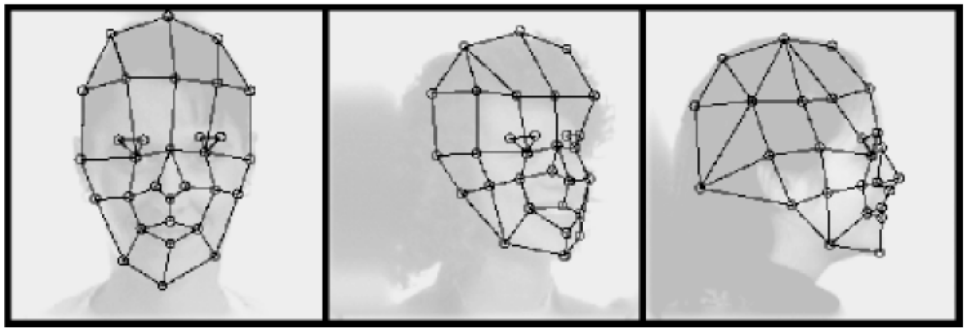
شکل 1-2 شش کلاس که از هر کدام پنج نمونه آموزشی موجود است و مناسب برای LDA [4]

- **روش تطبیق گراف خوشه ای کشسان (EBGM):**

روش EBGM تکیه بر این موضوع دارد که تصاویر چهره واقعی، دارای مشخصه های غیر خطی بسیاری هستند. مانند تغییرات روشنایی[1]، ژست چهره[2] و حالت چهره[3]. در نتیجه روش‌های های خطی که ذکر شده قادر به حل دقیق این مسئله نیستند.

تبدیل ویولت گابور[4] تصویر چهره را به معماری از پیوندهای داینامیک، ارتباط می‌دهد. گابور جت[5] به گره‌هایی گفته می‌شود که خطوط را به هم وصل می‌کنند. (در شکل 1-3 مشخص شده است) هر گابور جت رفتار پیکسل‌های کناری خود را معین می‌سازد. این گره‌ها از کانولوشن تصویر فیلتر گابور بدست می‌آید که با آن اجزای مختلف چهره بدست می‌آیند. بازشناسی با استفاده از مقدار شباهت پاسخ گابور تصویر ناحیه ای هر گره به تصویر حاصل از نمونه آموزشی بدست می‌آید. این روش نیازمند پیدا کردن مکان اجزای چهره است که با استفاده از روش‌هایی سرمایه PCA و LDA امکان پذیر است [5].

[1] Illumination
[2] Pose
[3] Expression
[4] Gabor wavelet transform
[5] Gabor jet



شکل 1-3 تطبیق گراف خوشه ای کشسان [5]

1-3-3- بازشناسی چهره با استفاده از یک نمونه آموزشی

در این بخش توضیحاتی در مورد بازشناسی چهره با استفاده از یک نمونه آموزشی ارائه می‌گردد. همچنین چگونگی تأثیر این مسئله بر روی سیستم بازشناسی بررسی می‌شود و اهمیت این موضوع نیز مورد بحث قرار می‌گیرد.

1-3-3-1- پیش زمینه

زمان مطرح شدن مسئله یک نمونه آموزشی به دوران اولیه تلاش برای بازشناسی چهره بر می‌گردد. که در آن زمان ویژگی‌های مانند فاصله دو چشم و مکان دیگر اجزای چهره و نسبت آن‌ها به همدیگر استخراج می‌شد. هر چه تعداد نمونه های آموزشی بیشتر می‌شد کار استخراج ویژگی‌ها به صورتی دستی نیز افزایش می‌یافت.

در بسیاری از کاربردها تصاویر آموزشی به اندازه کافی موجودند و به همین خاطر سیستم‌ها بازشناسی اکثر با این پیش فرض طراحی شده‌اند که به اندازه کافی نمونه آموزشی موجود باشد. با این وجود کاربردهایی مانند شناسایی تصویر گذرنامه، گواهی نامه رانندگی و شناسایی مجرمان تنها یک نمونه آموزشی از هر فرد وجود دارد.

1-3-3-2- مشکلات بازشناسی چهره با یک نمونه آموزشی

اساس روش‌های بر مبنای ظاهر فرایند یادگیری آن‌هاست. اکثر فرایند های یادگیری (طبقه‌بندها) نیازمند تعداد نمونه آموزشی زیادی از هر فرد می‌باشند. در تئوری باید تعداد نمونه های آموزشی از هر کلاسی حداقل ده برابر تعداد ویژگی ورودی به کلاس بند باشد. ولی تصویر ورودی اگر اندازه 112×92 داشته باشد آنگاه تعداد ویژگی‌های ورودی به کلاس بند برابر با 10304 خواهد بود که در این صورت حدود 100 هزار نمونه آموزشی مورد نیاز از هر فرد است.

یکی از روش‌های موثر برای غلبه بر این مشکل کاهش بعد یا استخراج ویژگی می‌باشد. تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) یکی از اولین و موفق‌ترین روش‌های کاهش بعد است که تأثیر فراوانی بر ادبیات این موضوع گذاشته است.

در آزمایشی که توسط آقای تن[1] [8] و همکارانش انجام شده است، تأثیر کاهش نمونه های آموزشی بر نرخ بازشناسی مشخص گشته است. این آزمایش بر روی مجموعه داده ORL [47] انجام شده است. مجموعه داده ORL دارای تصاویری از 40 نفر می‌باشد که از هر نفر 10 تصویر اخذ شده است. در شکل 1-4 مشخص شده است که با کاهش نمونه های آموزش از هر فرد نرخ بازشناسی به شدت کاهش می‌یابد. نرخ بازشناسی برای یک نمونه آموزشی کمترین مقدار بوده و به 62% نزول یافته است. روش استخراج ویژگی تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) بوده و از کلاس بند نزدیک‌ترین همسایگی یکم[2] استفاده شده است.

---

[1] Tan
[2] One nearest neighbor