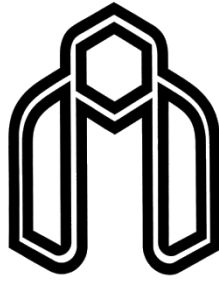


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

تشخیص چهره در تصاویر ویدیویی درگاه‌های ورودی

امید کهنسال

استاد راهنما:

پروفسور حمید حسن پور

استاد مشاور:

مهندس علی سبطی

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۳



دانشگاه گیلان

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره: ۶۰۱
تاریخ: ۱۳/۱۲/۹۴
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای امید کهنسال رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی تحت عنوان تشخیص چهره در تصاویر ویدیویی درگاه های ورودی که در تاریخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی - امتیاز: ۱۹)	☒ دفاع مجدد	☐ مردود
-----------------------------------	---	--------------------------------

۱- عالی (۲۰ - ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استادارهنما	دکتر حمید حسن پور	استاد	
۲- استاد مشاور	مهندس علی سبطی	مربی	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	مهندس علی بازقندی	مربی	
۴- استاد محترم	دکتر مرتضی زاهدی	استاد	
۵- استاد محترم	دکتر حسین خسروی	استاد	

رئیس دانشکده:

امضاء



تقدیم بہ

چشمان متطر مادرم

دستان خستہ پدرم

صبر و مہربانی، ہمسرِ م

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی که آدمی را به نعمت تفکر آراست و اساتید فرزانه‌ای چون دکتر حمید حسن‌پور، دکتر مرتضی زاهدی، دکتر علی اکبر پویان، دکتر وحید ابوالقاسمی و دکتر هدی مشایخی را در مسیر راهم قرار داد تا از اندیشه نابشان بهره‌گیرم و دانش و بینششان را ره‌توشه‌ی خویش سازم. پاس می‌دارم اندیشه بلندتان را و ارج می‌نهم بهمت والایان را.

تشکر می‌نمایم از پدر و مادر یگانه‌ام، همسر گرامیم، برادران و خواهرم که وجودشان تکیه‌گاهی برای تمام لحظه‌های سخت من و دعایشان تنها سرمایه‌ی بال‌کشودنم بسوی خوشبختی است.

تعهد نامه

اینجانب **امید کهنسال** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر - گرایش هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه **تشخیص چهره در تصاویر ویدیویی درگاه های ورودی** تحت راهنمایی جناب آقای دکتر **حمید حسن پور** متعهد می شوم :

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن ها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

هویت افراد در تصاویر ویدیویی را می‌توان با استفاده از سیستم تشخیص چهره تعیین نمود. استفاده از سیستم تشخیص چهره در درگاه‌های ورودی می‌تواند باعث کاهش تخلفات و افزایش امنیت گردد. یک سیستم تشخیص چهره با مشکلاتی نظیر شدت روشنایی‌های متفاوت، حالات مختلف چهره، پوشش بخشی از چهره، تغییر مقیاس، زاویه دید متفاوت، کیفیت پایین تصاویر ویدیویی و نیاز به بلادرنگ بودن، مواجه است. راه‌اندازی سیستمی که نسبت به این مشکلات Robust باشد، کاری بسیار دشوار است. بیشتر روش‌های موجود در شناسایی چهره بر روی یکی از مشکلات فوق تمرکز کرده و با وجود این که نتایج بسیار مناسبی ارائه کردند، اما نسبت به سایر مشکلات مقاومت بسیار کمی دارند و بنابراین راه‌اندازی آن‌ها در شرایط واقعی بی‌فایده است.

هدف از این پایان‌نامه، تعیین هویت افراد در تصاویر ویدیویی درگاه‌های ورودی تحت شرایط واقعی است. به این منظور در این پایان‌نامه، روشی بلادرنگ و مقاوم در برابر شدت روشنایی‌های متفاوت، حالات مختلف چهره، تغییرات زاویه دید و مقیاس، پوشش بخشی از چهره و کیفیت نامناسب تصاویر ارائه شده است. در ابتدا تصاویر ویدیویی از یک دوربین دریافت می‌شوند و با استفاده از الگوهای باینری محلی و طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آدابوست نامتقارن، چهره‌های موجود در هر فریم استخراج می‌شوند. در حین عمل استخراج، تصاویر چهره هر فرد تفکیک و مناسب‌ترین چهره هر فرد در هر چند فریم یک‌بار انتخاب و به مرحله شناسایی ارسال می‌گردد. در مرحله شناسایی با استفاده از توصیفگر SIFT استخراج ویژگی از نواحی مهم چهره مانند چشم‌ها، بینی و دهان انجام می‌شود و ابعاد این ویژگی‌ها کاهش می‌یابند. در نهایت به کمک ویژگی‌های بدست آمده، عمل تطبیق تصویر ورودی با تصاویر موجود در گالری انجام شده و هویت فرد مشخص می‌گردد. نتایج آزمایش‌ها بر روی سه پایگاه داده Extended Yale B (شدت روشنایی‌های متفاوت)، FEI (زاویه دید متفاوت) و ORL (چرخش‌های عمقی و حالات مختلف چهره)، نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌هایی که شناسایی افراد را در شرایط واقعی انجام می‌دهند، بهتر عمل می‌کند.

کلمات کلیدی: تصاویر ویدیویی، درگاه‌های ورودی، استخراج چهره، شناسایی چهره، نواحی مهم چهره، سیستم بلادرنگ، توصیفگر SIFT

مقالات استخراج شده از پایان نامه

۱- ”استخراج ویژگی‌های مقاوم در برابر تغییرات شدت روشنایی، زاویه دید و پوشش‌های ناحیه‌ای به منظور شناسایی چهره“.

۲- ”بازشناسی چهره در شرایط نوری و زاویه دید متفاوت با پوشش‌های ناحیه‌ای چهره“.

3- “Automatic Face Recognition in Entrance Gate Video Recordings”.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱. مقدمات

۲	۱-۱- سیستم تعیین هویت
۳	۲-۱- سیستم تشخیص چهره
۶	۳-۱- تعریف مساله
۷	۴-۱- اهداف پایان نامه
۷	۵-۱- ساختار پایان نامه

۲. روش های استخراج و شناسایی چهره

۱۰	۱-۲- مقدمه
۱۰	۲-۲- استخراج چهره
۱۱	۱-۲-۲- ویژگی های مستطیلی
۱۳	۲-۲-۲- الگوهای باینری محلی چند بلاکی
۱۷	۳-۲-۲- طبقه بند آبخاری مبتنی بر آدابوست نامتقارن
۲۰	۳-۲- شناسایی چهره
۲۰	۱-۳-۲- شناسایی چهره در تصاویر ثابت
۲۲	۱-۳-۲-۱- روش Eigenface
۲۴	۲-۳-۲-۱- روش ICA
۲۵	۳-۳-۲-۱- ترکیب PCA، الگوی باینری محلی و فیلترهای گابور
۲۷	۴-۳-۲-۱- توصیفگر SIFT
۳۰	۲-۳-۲- شناسایی چهره در تصاویر ویدیویی
۳۳	۴-۲- جمع بندی

۳. روش پیشنهادی

۳۶	 ۱-۳- مقدمه
۳۸	 ۲-۳- استخراج تصاویر چهره
۳۹	 ۳-۳- ردیابی تصاویر چهره
۴۰	 ۱-۳-۳- تفکیک افراد
۴۱	 ۲-۳-۳- انتخاب مناسب ترین چهره از هر فرد
۴۲	 ۱-۲-۳-۳- تخمین زاویه دید
۴۴	 ۲-۲-۳-۳- محاسبه شدت روشنایی
۴۶	 ۳-۲-۳-۳- محاسبه میزان تاری
۴۶	 ۴-۲-۳-۳- محاسبه وضوح تصویر
۴۸	 ۴-۳- شناسایی چهره
۴۹	 ۱-۴-۳- بهبود شدت روشنایی تصاویر
۵۱	 ۲-۴-۳- استخراج نواحی مهم چهره
۵۳	 ۳-۴-۳- استخراج ویژگی به کمک توصیفگر SIFT
۵۴	 ۴-۴-۳- کاهش ابعاد ویژگی ها
۵۶	 ۵-۳- جمع بندی

۴. پیاده سازی و ارزیابی نتایج

۵۸	 ۱-۴- مقدمه
۵۸	 ۲-۴- پایگاه های داده
۵۸	 FEI-۱-۲-۴
۵۸	 Extended Yale B-۲-۲-۴
۵۹	 ORL-۳-۲-۴
۶۰	 ۳-۴- پیاده سازی
۶۰	 ۴-۴- ارزیابی نتایج
۶۰	 ۱-۴-۴- نتایج بدست آمده در استخراج تصاویر چهره
۶۲	 ۲-۴-۴- نتایج بدست آمده در تفکیک افراد

- ۶۲ ۳-۴-۴- نتایج بدست آمده در انتخاب مناسب ترین چهره
- ۶۳ ۴-۴-۴- نتایج بدست آمده در شناسایی تصاویر چهره
- ۷۰ ۵-۴- جمع بندی

۵. نتیجه گیری و پیشنهادها

- ۷۲ ۵-۱- نتیجه گیری
- ۷۴ ۵-۲- پیشنهادها
- ۷۵ منابع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: شرایط متفاوت در تصاویر ضبط شده توسط دوربین ۴
- شکل ۲-۱: تعریف مساله ۶
- شکل ۱-۲: ویژگی های مستطیلی ۱۲
- شکل ۲-۲: محاسبه یک ویژگی مستطیلی با استفاده از تصویر انتگرال ۱۳
- شکل ۳-۲: نحوه برچسب گذاری پیکسل مرکزی در روش الگوی باینری محلی پایه ۱۴
- شکل ۴-۲: همسایگی های دایره ای به ازای مقادیر مختلف P و R ۱۵
- شکل ۵-۲: برخی از ویژگی های بدست آمده توسط الگوی باینری محلی ۱۵
- شکل ۶-۲: نحوه برچسب گذاری پیکسل مرکزی در روش الگوی باینری محلی چند بلاکی ۱۶
- شکل ۷-۲: اعمال روش الگوی محلی چند بلاکی بر روی یک تصویر ۱۷
- شکل ۸-۲: برخی از ویژگی های منتخب توسط طبقه بند آدابوست نامتقارن ۱۸
- شکل ۹-۲: الگوریتم طبقه بند آدابوست نامتقارن ۱۹
- شکل ۱۰-۲: طبقه بند آبشاری ۲۰
- شکل ۱۱-۲: Eigenface های بدست آمده به ازای مجموعه تصاویر ۲۳
- شکل ۱۲-۲: تصاویر پایه در دو معماری ممکن توسط ICA ۲۵
- شکل ۱۳-۲: مراحل کار در روش DLP ۲۶
- شکل ۱۴-۲: تصاویر گوسی و DoG در فضای مقیاس ۲۸
- شکل ۱۵-۲: محاسبه نقاط اکسترمم ۲۸
- شکل ۱۶-۲: توصیف نمونه ای از نقاط استخراج شده توسط SIFT ۲۹
- شکل ۱۷-۲: طبقه بندی روش های شناسایی چهره در تصاویر ویدیویی ۳۱
- شکل ۱-۳: مراحل روش پیشنهادی ۳۷
- شکل ۲-۳: استخراج تصاویر چهره ۳۸

- شکل ۳-۳: ورود افراد به سیستم در فریم های مختلف ۳۹
- شکل ۴-۳: تفکیک افراد در چند فریم متوالی ۴۱
- شکل ۵-۳: نقاط استخراج شده با استفاده از روش [۳۴] ۴۲
- شکل ۶-۳: گراف محدودیت ۴۳
- شکل ۷-۳: امتیازات بدست آمده از لحاظ زاویه دید برای چند تصویر ۴۴
- شکل ۸-۳: امتیازات بدست آمده از لحاظ شدت روشنایی برای چند تصویر ۴۶
- شکل ۹-۳: امتیازات بدست آمده از نظر میزان تاری برای چند تصویر ۴۶
- شکل ۱۰-۳: امتیازات بدست آمده از نظر اندازه برای چند تصویر ۴۷
- شکل ۱۱-۳: امتیازات نهایی بدست آمده برای چند تصویر ۴۸
- شکل ۱۲-۳: روش بهبود شدت روشنایی تصاویر (Local Normalization) ۵۰
- شکل ۱۳-۳: بهبود شدت روشنایی تصاویر با سه روش ۵۰
- شکل ۱۴-۳: نمونه هایی از تصاویر ورودی به مرحله پیش پردازش ۵۱
- شکل ۱۵-۳: نواحی استخراج شده توسط روش پیشنهادی استخراج چهره ۵۱
- شکل ۱۶-۳: تصاویر نرمال شده از نظر اندازه ۵۱
- شکل ۱۷-۳: نقاط هشتگانه استخراج شده از چهره ۵۲
- شکل ۱۸-۳: نواحی موثر در تفکیک افراد ۵۳
- شکل ۱۹-۳: نحوه چینش ویژگی ها به منظور اعمال PCA بر روی آن ها ۵۵
- شکل ۱-۴: نمونه هایی از تصاویر موجود در پایگاه FEI ۵۸
- شکل ۲-۴: تصاویر پایگاه داده Yale B در ۵ مجموعه متفاوت از نظر شدت روشنایی ۵۹
- شکل ۳-۴: چند نمونه از تصاویر موجود در پایگاه داده ORL ۶۰
- شکل ۴-۴: استخراج تصاویر چهره در چند تصویر با شرایط متفاوت ۶۱
- شکل ۵-۴: تفکیک افراد در چند فریم متوالی ۶۲
- شکل ۶-۴: امتیازات نهایی جهت انتخاب مناسب ترین چهره ۶۳

فهرست جداول

- جدول ۱-۲: میزان شناسایی با استفاده از روش DLP بر روی پایگاه داده Extended Yale B ۲۷
- جدول ۱-۳: وزن ویژگی های استفاده شده جهت تعیین امتیاز تصاویر چهره ۴۲
- جدول ۱-۴: میزان شناسایی بر روی پایگاه داده FEI با دو روش SIFT و SIFT/SURF ۶۴
- جدول ۲-۴: نرخ شناسایی قبل و بعد از بهبود شدت روشنایی تصاویر ۶۵
- جدول ۳-۴: میزان شناسایی بر روی پایگاه داده FEI با پیش پردازش و بدون پیش پردازش اندازه ۶۶
- جدول ۴-۴: میزان شناسایی بر روی پایگاه داده FEI با استفاده از نواحی مهم چهره ۶۶
- جدول ۵-۴: کاهش ابعاد ویژگی ها ۶۷
- جدول ۶-۴: مقایسه روش پیشنهادی با چند روش بر روی پایگاه ORL ۶۸
- جدول ۷-۴: ارزیابی زمانی روش پیشنهادی در استخراج چهره ۶۸
- جدول ۸-۴: ارزیابی زمانی روش پیشنهادی در انتخاب مناسب ترین چهره ۶۹
- جدول ۹-۴: ارزیابی زمانی روش پیشنهادی در شناسایی چهره ۶۹

فصل اول

مقدمات

۱-۱- سیستم تعیین هویت

از دیرباز انسان برای بقاء نیاز به تشخیص دوست از دشمن داشته است و تعیین هویت افراد برای وی امری بسیار حیاتی بوده و هست. لذا امروزه به منظور مکانیزه سازی سیستم های شناسایی یا تعیین هویت افراد، تلاش های زیادی انجام می شود. سیستم های تعیین هویت در سه دسته مبتنی بر نشانه، مبتنی بر دانش و مبتنی بر بیومتریک قرار می گیرند.

الف) سیستم های مبتنی بر نشانه

نشانه معمولا شی ای است که شما به همراه خود دارید و در واقع سند هویت شماست. کارت های هوشمند، کارت های مغناطیسی، کلید، پاسپورت و شناسنامه از جمله معروف ترین نشانه ها به منظور تعیین هویت افراد شناخته می شوند.

ب) سیستم های مبتنی بر دانش

دومین نوع سیستم های تعیین هویت، سیستم های مبتنی بر دانش نام دارد. این سیستم ها مانند رمز عبور و کدپین، چیزی است که شما بخاطر می سپارید.

ج) سیستم های مبتنی بر بیومتریک

در سیستم های مبتنی بر نشانه، مشکلاتی هم چون گم شدن نشانه، همراه نداشتن آن، فرسوده شدن و جعل شدن نشانه وجود دارد. سیستم های مبتنی بر دانش با مشکلاتی مانند فراموش کردن و لو رفتن روبرو هستند. به منظور رفع این مشکلات از سیستم های مبتنی بر بیومتریک استفاده می شود. این سیستم ها از خصیصه های فیزیولوژیکی و رفتاری انسان جهت شناسایی استفاده می کنند. این روش معایب روش های قبل را ندارد و امنیت و دقت را تا حد بسیار زیادی افزایش داده است. از جمله سیستم های مبتنی بر بیومتریک می توان به سیستم اثر انگشت، تشخیص چهره، تشخیص امضاء و تشخیص صدا اشاره کرد.

۱-۲- سیستم تشخیص چهره

توانایی انسان در شناسایی چهره‌ها قابل توجه است به طوری که می‌تواند هزاران چهره مشاهده شده در طول عمر خود را تشخیص دهد و در یک نگاه، چهره‌های آشنا را حتی پس از سال‌ها جدایی، شناسایی کند. این مهارت در مقابل تغییرات در شرایط دیداری مانند سن و حالات چهره، تغییراتی چون عینک، موی صورت و یا سبک مدل موها ایستادگی می‌کند. اما مساله اینجاست که نحوه کدگذاری و کدگشایی چهره‌ها در مغز انسان کاملاً آشکار نیست و توسعه یک مدل محاسباتی برای تشخیص چهره به دلیل پیچیدگی چهره‌ها و ساختار چند بعدی بینایی، کاملاً دشوار است. با این وجود تشخیص چهره سال‌هاست به عنوان یکی از پرکاربردترین روش‌های بیومتریک مطرح می‌باشد. مزیت این روش نسبت به دیگر روش‌های بیومتریک در سهولت دسترسی به تصاویر چهره افراد است. به عنوان مثال در تشخیص هویت براساس اثرانگشت، فرد مورد نظر باید در مکانی خاص مستقر شود و اثرانگشت وی براساس دستورالعمل خاصی ارائه و نهایتاً تشخیص هویت انجام پذیرد. این در حالی است که با استفاده از سیستم تشخیص چهره، امکان تشخیص هویت فرد در محدوده وسیع‌تری بدون توجه وی امکان‌پذیر می‌باشد.

پارامترهای زیادی می‌توانند یک سیستم تشخیص چهره را با چالش مواجه کنند. از جمله این پارامترها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

- زاویه دید^۱ : در هنگام ضبط تصاویر توسط دوربین‌ها، کنترلی بر روی زاویه دید افراد نیست و ممکن است دوربین تصاویر یک فرد در زوایای متفاوت را ضبط کند.
- شدت روشنایی متفاوت^۲ : تصاویر هر فرد در فریم‌های مختلف ممکن است با نورپردازی‌های متفاوت دریافت شود.

1. Pose Variation
2. Illumination Variation

- حالات مختلف چهره^۱: به دلیل ضبط تصاویر در شرایط کنترل نشده، تنوع حالات چهره بسیار زیاد است و سیستم را با چالش روبرو می‌کند.
 - تغییرات مقیاس^۲: تصاویر چهره هر فرد در فواصل متفاوت ضبط می‌شود و بنابراین وضوح تصاویر متفاوت می‌باشد.
 - بلور شدن تصاویر^۳: چرخش‌های ناگهانی افراد می‌تواند باعث تارشدن تصاویر چهره شود.
 - پوشش تصاویر^۴: پوشش تصاویر چهره به دلیل قرار گرفتن در پشت اشیاء و یا استفاده از کلاه و عینک آفتابی می‌تواند باعث اختلال در امر شناسایی شود.
- در شکل زیر به کمک چند تصویر برخی از مشکلات فوق به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱-۱: شرایط متفاوت در تصاویر ضبط شده توسط دوربین

علاوه موارد فوق، در سیستم‌های تشخیص چهره مبتنی بر ویدیو چالش‌های دیگری نظیر وضوح پایین تصاویر^۵، نیاز به بلادرنگ بودن و نبودن شرایط تهیه یک فریم مناسب از چهره وجود دارد. اما سه ویژگی تصاویر ویدیویی می‌تواند به شناسایی چهره در ویدیو کمک کند [۱].

1. Expression Variation
 2. Scale Variation
 3. Motion Blur
 4. Occlusion
 5. Low Resolution

- ویژگی اول : به جای یک تصویر، مجموعه‌ای از تصاویر را در شرایط متفاوت خواهیم داشت.
- ویژگی دوم : ویدیوها برخلاف تصاویر ثابت، شامل اطلاعات زمانی هستند.
- ویژگی سوم : یک ویدیو با نمایش تصاویر یک شی در زوایای مختلف، می‌تواند اطلاعات سه بعدی از شی را ارائه دهد.

عمده پژوهش‌های انجام شده در سال‌های اخیر به منظور مقاوم ساختن^۱ سیستم تشخیص چهره در مقابل چرخش‌های عمقی، نورپردازی‌های متفاوت، تغییر حالت چهره و پوشش‌های ناحیه‌ای چهره بوده است. این مساله اهمیت خود را در تشخیص چهره ویدیویی بیشتر نشان می‌دهد، زیرا در تشخیص چهره ویدیویی با تصاویر چهره یک فرد متحرک روبرو هستیم که با جابجایی وی پارامترهای چهره نیز تغییر خواهند کرد. الگوریتم‌های متفاوتی به منظور برطرف ساختن مشکلات فوق ارائه شدند. از جمله این کارها می‌توان به کارهای Wei و همکاران [۲]، Min و همکاران [۳] در زمینه برطرف ساختن پوشش‌های ناحیه‌ای همچون داشتن یا نداشتن عینک و موی صورت و کلاه، Han و همکاران [۴]، Cho و همکاران [۵] در زمینه رفع شدت روشنایی‌های متفاوت، Patel و همکاران [۶] بر روی چرخش و تغییر شدت روشنایی چهره، Chen و همکاران [۷] در زمینه تشخیص چهره در ویدیو و Li و همکاران [۸] در زمینه ردیابی و تشخیص چهره در ویدیو اشاره کرد.

از شرکت‌های مطرح جهان که در زمینه تشخیص چهره فعال هستند، می‌توان شرکت‌های فیسبوک و گوگل را نام برد. این شرکت‌ها در حال حاضر در برخی خدمات خود از تکنولوژی تشخیص چهره استفاده می‌کنند. متأسفانه در کشور ما در زمینه تشخیص چهره به خصوص در ویدیو کم کار شده است و فقط می‌توان نرم‌افزارهایی از قبیل سیستم‌های حضور و غیاب که در برابر شرایط متفاوت ناکارآمد هستند را نام برد.

1. Robust

۱-۳- تعریف مساله

دوربینی در درگاه ورودی یک مجموعه در حال ضبط تصاویر می‌باشد. در این پایان‌نامه منظور از درگاه ورودی، درگاهی مانند ورودی ادارات، ساختمان‌ها و برخی از ورودی‌های دانشگاه‌هاست که تعداد افرادی که همزمان وارد می‌شوند، کمتر از ۱۰ نفر است. هر فریم بلافاصله پس از ضبط به سیستم ارسال و مورد پردازش قرار می‌گیرد. سیستم به طور خودکار باید تصاویر چهره هر فرد را استخراج کند و هویت هر فرد را تعیین کند. افرادی که مشخصات آن‌ها از قبل در سیستم ثبت شده است، باید شناسایی شده و ورود و خروج آن‌ها در سیستم ثبت شود. افرادی که جزء مجموعه نیستند نیز باید توسط سیستم به صورت جداگانه شناسایی و در هنگام ورودشان هشدار به مسئول سیستم داده شود. در زیر مساله با شکل نشان داده شده است.



شکل ۱-۲: تعریف مساله

۱-۴- هدف پایان نامه

هدف از این پایان نامه، تعیین هویت افراد در تصاویر ویدیویی درگاه های ورودی با استفاده از سیستم تشخیص چهره است. به منظور تحقق این هدف، لازم است سه مرحله استخراج^۱، ردیابی^۲ و شناسایی چهره^۳ انجام شود. وظیفه مرحله استخراج، تعیین مکان چهره ها در تصاویر ورودی است. در مرحله ردیابی، چهره های هر فرد در طول چند فریم در گروه مربوطه قرار می گیرند و پس از چند فریم، مناسب ترین چهره از هر فرد انتخاب و به مرحله شناسایی ارسال می شود. وظیفه مرحله شناسایی، مقایسه تصویر ورودی با تمام تصاویر موجود در گالری و در نهایت تعیین هویت افراد می باشد.

۱-۵- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در ۵ فصل تهیه شده است که هر فصل به شرح زیر است. در فصل دوم، چند نمونه از روش های انجام شده در استخراج و شناسایی چهره شرح داده شده است. در ابتدای این فصل، دو مورد از روش های استخراج چهره که پرکاربرد هستند، معرفی می شوند. سپس روش های شناسایی چهره در تصاویر ثابت و تصاویر ویدیویی تشریح شده است. در فصل سوم، سیستم تشخیص چهره پیشنهادی معرفی می شود. در ابتدای فصل، چگونگی استخراج چهره ها و تفکیک افراد و هم چنین انتخاب مناسب ترین چهره از هر فرد بیان شده است. در ادامه روش پیشنهادی به منظور شناسایی و تعیین هویت افراد معرفی می شود. در فصل چهارم، ارزیابی روش پیشنهادی انجام شده و نتایج بدست آمده ارائه شده است و در فصل پنجم، نتیجه گیری و کارهای آینده پیشنهادی بیان شده است.

فصل دوم

روش های استخراج و شناسایی پهره

۲-۱- مقدمه

فرآیند تشخیص چهره را می‌توان به دو مرحله اساسی تقسیم کرد. در مرحله اول که استخراج چهره نامیده می‌شود، هدف تشخیص مکان ناحیه چهره در تصویر ورودی است. بخش ۲-۲ این مرحله را بیشتر معرفی می‌کند و چند مورد از روش‌های موجود در استخراج چهره را شرح می‌دهد. مرحله دوم که به شناسایی چهره معروف است، به دنبال تطابق تصویر ورودی با نمونه‌های موجود در گالری و به عبارت دیگر به دنبال احراز هویت افراد می‌باشد. بخش ۲-۳ نیز به معرفی این مرحله و بررسی و دسته‌بندی چند روش موجود در شناسایی چهره پرداخته است.

۲-۲- استخراج چهره

اولین مرحله در سیستم تشخیص چهره، مرحله استخراج چهره است. وظیفه این مرحله مشخص کردن نواحی چهره در تصویر ورودی است. روش‌های زیادی به منظور استخراج چهره معرفی شده است.

- ساده‌ترین روش‌های استخراج چهره، از پس‌زمینه تک رنگ و یا از پیش تعریف شده استفاده می‌کنند و با استفاده از حذف پس‌زمینه نواحی چهره را استخراج می‌کنند. واضح است که این روش‌ها بسیار ناکارآمد هستند.

- برخی روش‌ها در تصاویر رنگی، از رنگ پوست به عنوان ویژگی برای استخراج چهره استفاده می‌کنند [۹، ۱۰]. این روش‌ها نیز به دلیل وجود تغییرات زیاد در شدت روشنایی تصاویر، مقاومت کمی در برابر شرایط واقعی دارند.

- برخی روش‌های استخراج چهره به خصوص در تصاویر ویدیویی، با استفاده از روش تفریق فریم عمل استخراج چهره را انجام می‌دهند [۱۱]. مشکل این روش‌ها این است که اگر اشیاء دیگری در فریم‌ها حرکت کند، به عنوان چهره در نظر گرفته می‌شوند.

▪ برخی از روش‌ها نیز از ترکیب روش‌های فوق استفاده می‌کنند [۱۲].

روش‌های فوق را نمی‌توان در یک محیط واقعی مورد استفاده قرار داد، بنابراین روش‌هایی به منظور استخراج چهره در شرایط واقعی ارائه شدند که اساس کار آن‌ها بر پایه یادگیری است. مهم‌ترین این روش‌ها، روش‌هایی است که از شبکه عصبی [۱۳] و الگوریتم‌های یادگیری ماشین به منظور استخراج چهره استفاده می‌کنند. روش‌های یادگیری در ابتدا نیاز به آموزش تصاویر چهره و یا آموزش تصاویر چهره و غیرچهره دارند. آموزش در این روش‌ها ممکن است چندین ساعت طول بکشد اما در مرحله ارزیابی، استخراج به صورت کارا و بسیار سریع انجام خواهد شد. در ادامه دو روش استخراج چهره بسیار سریع با کارایی بالا شرح داده شده است. این دو روش از یک طبقه‌بند آبخاری استفاده می‌کنند و تفاوت آن‌ها فقط در نحوه استخراج ویژگی از تصاویر می‌باشد. در ابتدا دو روش استخراج ویژگی و سپس طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آدابوست نامتقارن^۱ تشریح شده است. در این پایان‌نامه از روش دوم استخراج ویژگی یعنی استفاده از الگوهای باینری محلی چند بلاکی^۲ استفاده شده است.

۲-۱-۲- ویژگی‌های مستطیلی

استخراج ویژگی‌های مناسب، اساس قدرت یک سیستم استخراج چهره است. زیرا ویژگی‌ها باید قادر به جداسازی فضای چهره‌ها از غیرچهره‌ها باشند. علاوه بر این، ویژگی‌های مناسب باید با سرعت بالا قابل محاسبه باشند. معرفی ویژگی‌های مستطیلی، در استخراج اشیاء تحولی بزرگ رقم زد تا آن‌جا که پس از گذشت یک دهه از ارائه آن اکثریت افراد و شرکت‌ها از این ویژگی‌ها استفاده می‌کنند. یکی از روش‌هایی که به منظور استخراج تصاویر چهره از این ویژگی‌ها به همراه طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آدابوست استفاده می‌کند، روش Viola & Jones [۱۴] می‌باشد. این روش دارای دقت و سرعت بالایی است و مناسب کارهای بلادرنگ^۳ نیز می‌باشد. این روش که یک روش مبتنی بر یادگیری ماشین است،

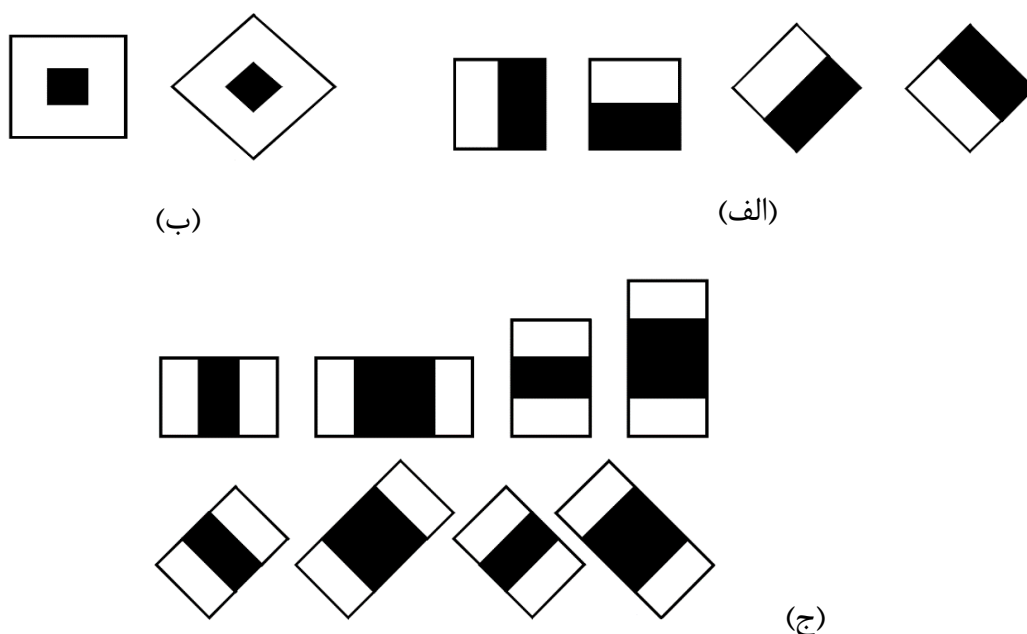
1. Asymmetric AdaBoost

2. Multi Block LBP (MB-LBP)

3. Real-Time

نه تنها در مسائل مربوط به استخراج چهره و بخش‌هایی از چهره مانند چشم، ابرو و بینی کارآمد است، بلکه برای استخراج اشیاء که مساله‌ای به مراتب سخت‌تر از چهره می‌باشد نیز استفاده می‌شود. همچنین کتابخانه OpenCV، EmguCV که از بهترین کتابخانه‌های پردازش تصویر در زبان‌های C++ و C# هستند، این روش را مورد استفاده قرار می‌دهند [۱۵، ۱۶].

برخی از ویژگی‌های مستطیلی در شکل ۱-۲ آمده است [۱۷]. برای محاسبه مقدار هر ویژگی، مجموعه مقادیر پیکسل‌های درون مربع‌های سیاه رنگ و مربع‌های سفید رنگ از هم کم می‌شود. به این شکل می‌توان تغییر شدت را در مناطق مختلف تصاویر استخراج کرد و در نهایت یک الگوی معنی‌دار بدست آورد. ویژگی‌های منتخب در همه اندازه‌ها و در همه مکان‌ها بر روی تصاویر آموزشی که ابعادشان 24×24 است، اعمال و بهترین‌ها انتخاب می‌شوند.



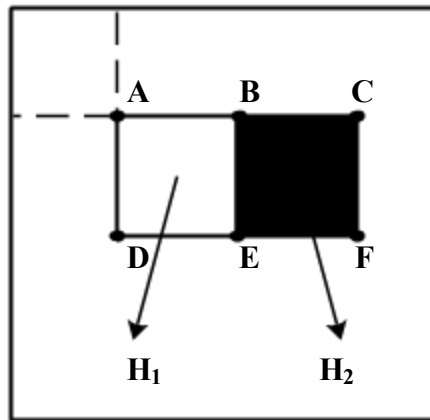
شکل ۱-۲: ویژگی‌های مستطیلی
(الف) ویژگی‌های لبه‌ای (ب) ویژگی‌های احاطه مرکزی (ج) ویژگی‌های خطی

برای محاسبه این ویژگی‌ها در زمان ثابت از تصویر انتگرال استفاده می‌شود. این نوع نمایش میانی از تصویر، با استفاده از رابطه (۱-۲) قابل محاسبه است.

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y') \quad (1-2)$$

با استفاده از تصویر انتگرال، می‌توان ویژگی نشان داده شده در شکل ۲-۲ را تنها با استفاده از هفت عمل جمع و تفریق محاسبه کرد. مقدار هر ویژگی برابر است با $H_2 - H_1$ که H_1 و H_2 از تساوی زیر محاسبه می‌شوند.

$$\begin{cases} H_1 = E - B - D + A \\ H_2 = F - C - E + B \end{cases} \quad (2-2)$$



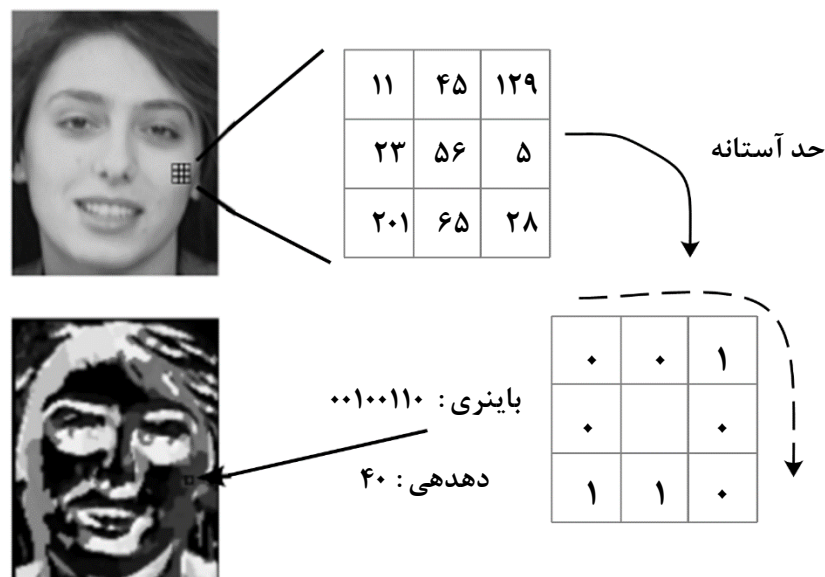
شکل ۲-۲: محاسبه یک ویژگی مستطیلی با استفاده از تصویر انتگرال

۲-۲-۲- الگوهای باینری محلی چند بلاکی

روش دیگری که نسبت به روش قبلی بخصوص در زمان آموزش چند برابر سریع تر است، استفاده از الگوهای باینری محلی چند بلاکی [۱۸] به همراه طبقه‌بند آداپوست می‌باشد. دقت دو روش نیز بستگی به شرایط و نحوه آموزش دارد و همان‌طور که گفته شد تفاوت این دو روش در استخراج ویژگی است. در ادامه استخراج ویژگی به کمک الگوی باینری محلی و همچنین الگوی باینری محلی چند بلاکی شرح داده شده است.

الف) الگوی باینری محلی^۱

یکی از روش‌هایی که برای استخراج ویژگی و طبقه‌بندی بافت تصاویر مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش الگوهای باینری محلی است. در این روش ابتدا پیکسل‌های یک تصویر به واسطه آستانه‌ای در یک همسایگی 3×3 از هر پیکسل، برچسب‌گذاری می‌شوند. نحوه کار به این صورت است که مقدار هر پیکسل با ۸ همسایه‌اش مقایسه می‌شود و چنان‌چه مقدار پیکسل همسایه بزرگتر یا مساوی پیکسل مرکزی باشد، مقدارش با یک جایگزین می‌شود و در غیر این صورت مقدار آن پیکسل صفر خواهد شد. سپس مقدار پیکسل مرکزی با جمع وزن‌دار پیکسل‌های همسایه جایگزین می‌گردد و پنجره 3×3 به پیکسل بعدی منتقل می‌گردد. در نهایت با گرفتن هیستوگرام از مقادیر بدست آمده، توصیف کننده‌ای برای بافت تصویر بدست خواهد آمد. شکل زیر این مساله را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳: نحوه برچسب گذاری پیکسل مرکزی در روش الگوی باینری محلی پایه

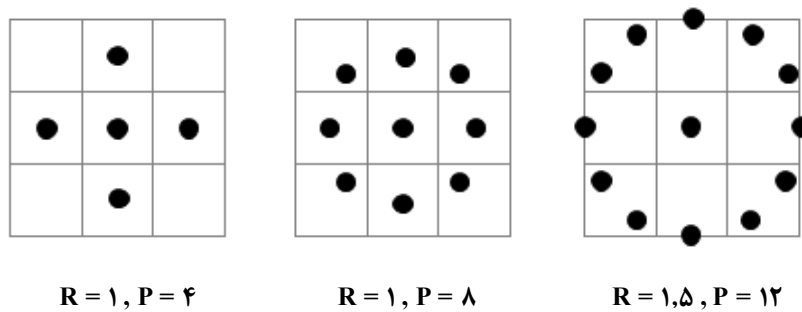
الگوی باینری محلی در یک همسایگی از تصویر به صورت زیر تعریف می‌شود.

1. Local Binary Pattern (LBP)

$$LBP_{P,R} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) 2^i, \quad s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (3-2)$$

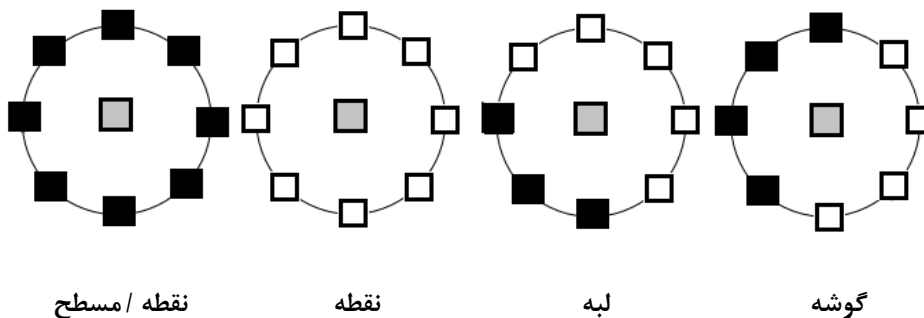
شدت روشنایی نقاط همسایه پیکسل مرکزی با g_i و شدت روشنایی پیکسل مرکزی با g_c نشان داده می‌شوند. خروجی این عملگر یک عدد باینری p بیتی است که دارای 2^p مقدار متفاوت است.

در روش بهبود یافته‌ای به منظور حساس نبودن این عملگر نسبت به چرخش تصویر، همسایگی را به صورت دایره‌ای در نظر می‌گیرند و نقاطی را که مختصات آن‌ها دقیقاً روی مرکز پیکسل قرار نمی‌گیرد، با درونیابی پیدا می‌کنند. در شکل ۲-۴ نمونه‌هایی از همسایگی‌های دایره‌ای با شعاع‌های متفاوت (R) و تعداد نقاط مختلف (P) نشان داده شده است [۱۹].



شکل ۲-۴: همسایگی‌های دایره‌ای به ازای مقادیر مختلف R و P

اعداد باینری، انواع خصوصیات که در یک تصویر وجود دارد را کدگذاری می‌کنند. لبه‌های منحنی، نقاط، نواحی مسطح از جمله این خصوصیات می‌باشند که در شکل زیر نشان داده شده است [۱۹].



شکل ۲-۵: برخی از ویژگی‌های بدست آمده توسط الگوی باینری محلی

ب) الگوی محلی باینری چند بلاکی

الگوی باینری محلی پایه با همسایگی 3×3 فقط قادر است خصوصیات کوچک تصویر را بیان کند. حال جهت رفع این مشکل اگر شعاع همسایگی را بزرگ در نظر بگیریم، هزینه محاسبات افزایش می‌یابد. بنابراین به منظور رفع این محدودیت از روش الگوی باینری محلی چند بلاکی استفاده شده است [۱۸]. در این روش به جای مقایسه مقدار پیکسل مرکزی با هر یک از پیکسل‌های همسایه، میانگین شدت روشنایی بلاک مرکزی با میانگین شدت روشنایی بلاک‌های همسایه مقایسه می‌شود. شکل زیر نحوه برچسب گذاری پیکسل مرکزی در این روش را نشان می‌دهد.

	۱			۲			۳	
	۸			۰			۴	
	۷			۶			۵	

شکل ۲-۶: نحوه برچسب گذاری پیکسل مرکزی در روش الگوی باینری محلی چند بلاکی

استفاده از الگوی باینری محلی چند بلاکی نسبت به الگوی باینری محلی پایه مزایایی از جمله مقاومت بیشتر و توصیف ساختارهای کوچک و بزرگ تصویر را در به همراه دارد. در نهایت زمانی که ویژگی‌های بسیار زیادی در مکان‌ها و مقیاس‌های متفاوت محاسبه شد، از الگوریتم آدابوست نامتقارن به منظور انتخاب مناسب‌ترین ویژگی‌ها استفاده می‌شود. در شکل زیر الگوی باینری محلی چند بلاکی با اندازه‌های متفاوت بر روی یک تصویر اعمال شده است.



الف

ب

ج

د

شکل ۲-۷: اعمال روش الگوی محلی چند بلاکی بر روی یک تصویر

(الف) تصویر اصلی (ب) فیلتر شده با همسایگی 3×3 (ج) فیلتر شده با همسایگی 9×9

(د) فیلتر شده با همسایگی 15×15

۲-۳- طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آدابوست نامتقارن

با داشتن مجموعه‌ای عظیم از ویژگی‌ها که باید بر روی تک تک تصاویر چهره و غیرچهره اعمال شوند، فرآیند بسیار سنگین و زمانبر پیش‌رو می‌باشد. به صورت تجربی تعداد کمی از ویژگی‌ها، سیستم نهایی را تشکیل می‌دهند. این تعداد باید از بین چنین مجموعه بزرگی استخراج شوند. به منظور طبقه‌بندی از سیستم آدابوست نامتقارن استفاده شده است. این طبقه‌بند دارای دو ویژگی کلیدی زیر می‌باشد:

- سرعت بالا در آموزش سیستم

- انتخاب ویژگی‌های برتر در حین آموزش

برای هر یک از ویژگی‌های انتخابی سه فاکتور زیر محاسبه می‌شود و ویژگی حاصل، طبقه‌بند

ضعیف^۱ نامیده می‌شود.

۱- یک ویژگی f

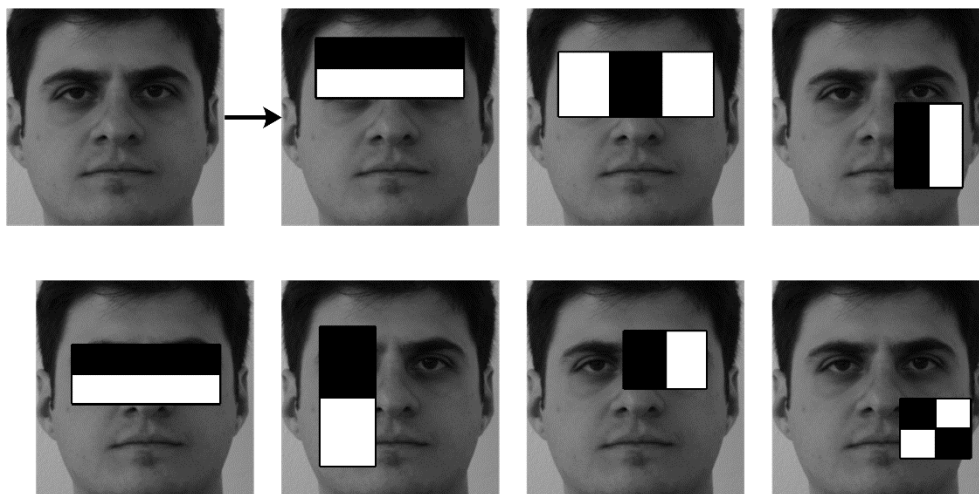
۲- یک آستانه θ

۳- یک قطبیت p که جهت رابطه (۲-۴) را مشخص می‌کند

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } pf(x) < p\theta \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (۴-۲)$$

یکی از اهداف مرحله آموزش، انتخاب مجموعه‌ای از بهترین طبقه‌بندهای ضعیف و تشکیل یک طبقه‌بند قوی^۱ است. مجموعه‌ای از طبقه‌بندهای قوی، سیستم نهایی را تشکیل می‌دهند. الگوریتم آدابوست نامتقارن در شکل ۲-۹ تشریح شده است. این الگوریتم بر روی مجموعه آموزشی $D = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}$ اعمال شده است. تعداد نمونه‌های چهره برابر m و تعداد نمونه‌های غیرچهره برابر l است. طبقه‌بند قوی نهایی دارای یک آستانه است که برابر با نصف مجموع ضرایب طبقه‌بندهای ضعیف قرار داده شده است.

ویژگی‌های انتخاب شده توسط آدابوست نامتقارن، معنی‌دار و به راحتی قابل تفسیر می‌باشند. برای نمونه، شکل ۲-۸ چند مورد از ویژگی‌های انتخاب شده توسط آدابوست نامتقارن را نشان می‌دهد. ویژگی اول به اختلاف ناحیه چشم‌ها و پیشانی و ویژگی دوم به اختلاف چشم‌ها با ناحیه وسط دو چشم اشاره دارد.



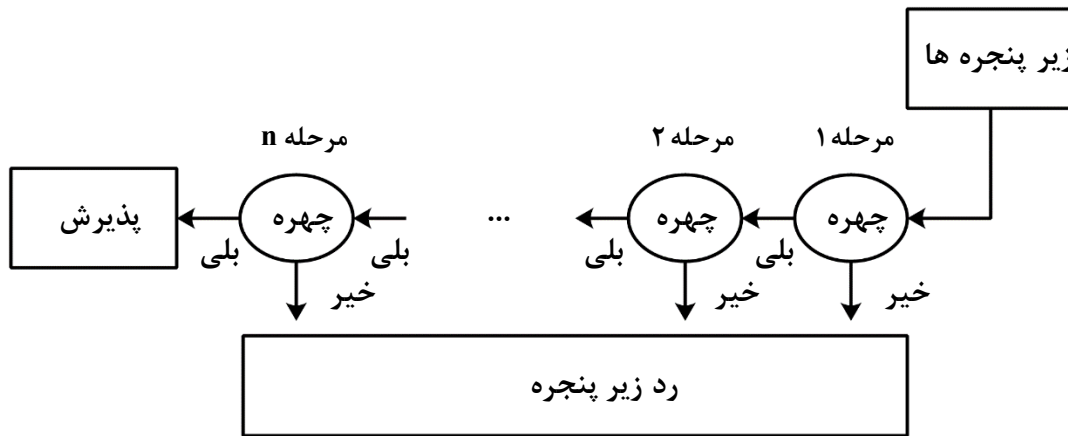
شکل ۲-۸: برخی از ویژگی‌های منتخب توسط طبقه‌بند آدابوست نامتقارن

$$\begin{aligned}
H_i(i) &= \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l} \quad \text{for } y_i = 0, 1; \\
\text{for } t &= 1 \text{ to } T \\
H_t(i) &\leftarrow \frac{H_t(i)}{\sum_{j=1}^n H_t(i)}; \\
h_t &= \xi(S, H_t); \\
\varepsilon_t &= \min_{f, p, \theta} \sum_i H(i) |h(x_i, f, p, \theta) - y_i|; \\
H_{t+1}(i) &= H_t(i) \beta_t^{1-e_i}; \\
\text{if classified } x_i &\text{ correctly then } e_i = 0; \\
\text{else } e_i &= 1; \\
\beta_t &= \frac{\varepsilon_t}{1 - \varepsilon_t}; \\
\text{end} \\
\text{Out : } W(x) &= \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0 & \text{else} \end{cases} \\
\alpha_t &= \frac{1}{\beta_t}
\end{aligned}$$

شکل ۲-۹: الگوریتم طبقه بند آدابوست نامتقارن

در پردازش یک تصویر ورودی، تعداد بسیار زیادی زیرپنجره کاندید وجود دارد که بخش زیادی از آن‌ها را غیرچهره‌ها تشکیل می‌دهند. به همین دلیل، زمان کل پردازش اساساً مدت زمانی است که صرف رد کردن زیرپنجره‌های غیرچهره می‌شود. بنابراین سیستم مناسب باید بتواند با بیشترین سرعت ممکن، غیرچهره‌ها را رد کرده و پردازش اصلی را متوجه چهره‌ها کند. در ساختار آبخاری اگر زیرپنجره‌ها در هر مرحله از آبخار به عنوان غیرچهره شناخته شود، بلافاصله رد می‌شود. زیرپنجره‌ای به عنوان چهره شناخته می‌شود که از همه مراحل سیستم آبخاری با موفقیت عبور کند (شکل ۲-۱۰). مجموعه تصاویر مورد استفاده برای آموزش و اعتبارسنجی سیستم یکی از مهم‌ترین عوامل در طراحی یک سیستم

تشخیص چهره قدرتمند است. هر چقدر که توزیع چهره‌های موجود در مجموعه‌ها بزرگتر باشد، انعطاف پذیری سیستم افزایش می‌یابد.



شکل ۲-۱۰ : طبقه بند آبخاری

۳-۲- شناسایی چهره

مرحله دوم و نهایی از سیستم تشخیص چهره، شناسایی چهره و به عبارت دیگر تعیین هویت افراد می‌باشد. مرحله شناسایی چهره شامل دو مولفه است. مولفه اول، ورودی است که باید هویت آن مشخص گردد. مولفه دوم، گالری است که متناظر با هر هویت یک یا چند تصویر نگهداری می‌کند. الگوریتم‌هایی که این مساله را حل می‌کنند باید به ازای یک ورودی خاص، یک هویت در گالری را به عنوان خروجی تولید کنند و یا مشخص کنند که تصویر ورودی مربوط به فردی ناشناخته می‌باشد. بنا به کاربرد، شناسایی چهره را می‌توان در تصاویر ثابت و تصاویر ویدیویی انجام داد. در ادامه شناسایی چهره در تصاویر ثابت و ویدیو شرح داده شده است.

۳-۲-۱- شناسایی چهره در تصاویر ثابت

در تصاویر ثابت مواردی چون تغییر در نورپردازی، چرخش عمقی، پوشش بخشی از چهره و حالات مختلف چهره از دشواری‌های اصلی به شمار می‌آیند. به منظور رفع این مشکلات لازم است ویژگی‌هایی

از تصاویر چهره استخراج شود که قابلیت تفکیک افراد تحت شرایط فوق را داشته باشند. روش‌های زیادی به منظور استخراج ویژگی از تصاویر چهره ارائه شده است که می‌توان این روش‌ها را در سه دسته کلی قرار داد [۲۰].

▪ روش‌های هندسی : شامل روش‌هایی می‌باشد که از ویژگی‌های هندسی^۱ چهره مانند فاصله دو چشم، طول و عرض بینی و اندازه دهان استفاده می‌کنند [۲۱]. این روش‌ها در مقابل تغییراتی همچون تغییرات زاویه دید و حالات چهره مقاوم نیستند و نرخ شناسایی حتی با تغییرات اندک در زاویه دید و حالت چهره بشدت افت خواهد کرد. دلیل این است که با چرخش یا تغییر حالت چهره بسیاری از ویژگی‌های هندسی چهره تغییر می‌کنند.

▪ روش‌های ظاهری^۲ یا عمومی: این روش‌ها کل تصویر ورودی را به یک‌باره مورد پردازش قرار می‌دهند و با انتقال تصویر از فضایی با بُعد بالا به فضایی با بُعد پایین‌تر، عمل تشخیص هویت را انجام می‌دهند. در این حالت هر بُعد از فضای ویژگی‌ها الزاماً یک ویژگی معنایی مشخص را نمایندگی نمی‌کند و در واقع ترکیبی از این ویژگی‌ها را به صورت ضمنی مدل می‌کند. الگوریتم‌های Eigenface [۲۰، ۲۲]، Fisherface [۲۰، ۲۲]، ICA [۲۰، ۲۲] و Wavelet [۲۳] از این دسته هستند.

▪ روش‌های محلی^۳: این روش‌ها به استخراج ویژگی‌های مشخص و معنایی مانند بینی، چشم‌ها یا دهان می‌پردازند و سپس براساس رابطه‌ای که بین این اجزا وجود دارد، هویت فرد را تشخیص می‌دهند. این روش‌ها برخلاف روش‌های عمومی، از ویژگی‌های ناحیه‌ای چهره در تشخیص چهره استفاده می‌کنند. رویه کلی این روش‌ها، استفاده از ویژگی‌های محلی چهره و مدل سازی

1. Geometric Feature
2. Appearance-Based
3. Model-Based

چهره به گونه‌ای است که اختلاف تصویر چهره دو هویت در مدل به خوبی انعکاس یابد. روش -
 هایی مانند LBP [۲۴، ۲۰]، Gabor Wavelet [۲۵]، SIFT [۲۶، ۲۰] و SURF [۲۷] از
 جمله این روش‌ها می‌باشند.

روش‌هایی نیز وجود دارند که سعی می‌کنند با ترکیب روش‌های عمومی و محلی از ترکیب
 ویژگی‌های کلی و ناحیه‌ای چهره استفاده کنند [۵]. در ادامه چند روش از روش‌های شناسایی چهره
 شرح داده شده است.

۲-۳-۱-۱- Eigenface روش

یکی از ابتدایی‌ترین روش‌های عمومی مورد استفاده برای تشخیص چهره، استفاده از بردارهای ویژه در
 فضای تصویر است [۲۲]. اگر فرض کنیم تصاویر موجود در یک مجموعه به اندازه $M \times N$ هستند و اگر
 هر تصویر را به صورت یک بردار x با ابعاد $(M \times N) \times 1$ ، یعنی یک نقطه در فضای $R^{M \times N}$ در نظر بگیریم،
 می‌توانیم با یک تبدیل خطی W ، تصاویر را به بردار y در فضای R^k ببریم :

$$y = W(x - \bar{x}), \quad W^T W = I \quad x = \bar{x} + W^T y \quad (2-5)$$

که در رابطه فوق $\bar{x}$ نشان‌دهنده میانگین ورودی‌های قابل اعمال به سیستم است و همچنین k
 $M \times N$ می‌باشد. در این تبدیل مولفه‌های y غیرهمبسته هستند و همچنین واریانس داده‌ها در این
 ابعاد بیشینه است. لذا این تبدیل، به عنوان یک روش اولیه برای کاهش ابعاد در نظر گرفته شده است.
 روش‌های عمومی در حالت کلی، مساله کاهش ابعاد را در نظر می‌گیرند و فرض اصلی این روش‌ها این
 است که داده‌های موجود در مجموعه تصاویر در یک زیرفضای k بعدی در فضای $R^{M \times N}$ قرار گرفته‌اند.
 در این روش یک فرم کلی برای نمایش زیرفضا در نظر گرفته می‌شود (که در تبدیل PCA به شکل یک

ابرفصله^۱ به شکل رابطه (۶-۲) است) و این زیرفضا با بهینه کردن یک معیار ساخته می‌شود. در روش PCA معیار زیر بیشینه می‌شود:

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^T (y_i - \bar{y}) \quad (۶-۲)$$

که y_i تبدیل یافته تصویر i ام از x_i است و همچنین $\bar{y}$ متوسط y_i هاست و n تعداد تصاویر مجموعه است. هر یک از ستون‌های ماتریس W ، یک تصویر را نشان می‌دهد که به آن‌ها Eigenface می‌گوییم و تبدیل خطی رابطه (۵-۲)، مولفه تصویر ورودی را در راستای هر یک از Eigenface ها محاسبه می‌کند. در شکل ۱۱-۲ نمونه ای از Eigenface های بدست آمده در این روش ملاحظه می‌شود.



شکل ۱۱-۲: (راست) Eigenface های بدست آمده به ازای مجموعه تصاویر
(چپ): میانگین تصاویر [۲۲]

به این ترتیب می‌توان هر تصویر از یک مجموعه تصویر را براساس ضرایبی از Eigenface های آن مجموعه نوشت. برای تشخیص چهره کافی است به جای هر چهره با ضرایب آن کار کنیم. بدین ترتیب اگر ضرایب دو چهره از نظر معیار فاصله اقلیدسی به هم نزدیک باشند، احتمالاً آن دو چهره شبیه به هم هستند. بنابراین الگوریتم تشخیص چهره در این حالت ابتدا ماتریس W را براساس مجموعه تصاویر گالری محاسبه می‌کند و سپس تمام تصاویر را با استفاده از این ماتریس به ضرایب مربوطه تبدیل می‌کند. در هنگام ورود یک تصویر به سیستم، ضرایب آن تصویر با ضرایب تصاویر گالری مقایسه می‌شوند و تصویر نزدیک‌تر در گالری، به عنوان هویت فرد معرفی می‌شود.

این روش کلاسیک، برای تصاویری که چرخش، تغییر نورپردازی و تغییر حالت چندانی در تصویر رخ ندهد، دقت مناسبی دارد. ولی اشکال آن این است که تبدیل را به شکل خطی در نظر می‌گیرد و در واقع فرض می‌کند بردارهای تصاویر، روی یک زیر فضای خطی k بعدی در فضای $R^{M \times N}$ قرار دارند. در حالی که این فرض با پدید آمدن شرایط متفاوت نورپردازی، حالت و چرخش صحیح نخواهد بود و زیر فضای مزبور به یک زیر فضای غیر خطی تبدیل می‌شود. مشکل دیگر این تبدیل در معیار آن، در رابطه (۶-۲) است. این معیار یک معیار عمومی به ازای همه داده‌های موجود است که در آن نسبت هر داده با تمام داده‌ها سنجیده می‌شود. لذا جزئیات هر داده در این راهکار، به خوبی مدل نمی‌شود. یکی دیگر از مشکلات این روش، بار محاسباتی آن می‌باشد. با اضافه شدن هر تصویر جدید به تصاویر گالری، دوباره نیاز است تمام تصاویر در جهت بیشترین واریانس قرار گیرند.

۲-۳-۱-۲- روش ICA

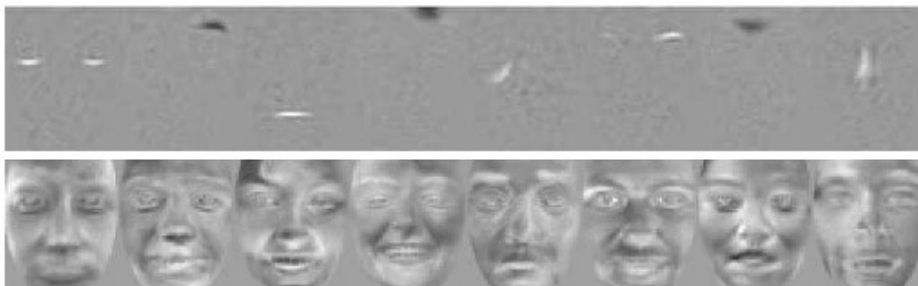
روش ICA^۱ به تغییر فرض گاوسی بودن توزیع داده‌ها می‌پردازد. در این روش علاوه بر حذف همبستگی بین مولفه‌های y (که وابستگی درجه ۲ است)، وابستگی‌های با درجه بالاتر هم حذف می‌شوند. ریشه‌های این روش در مساله BSS^۲ (جدا سازی سیگنال‌ها) است. در این مساله سیگنال x مفروض است و این سیگنال به صورت زیر تجزیه می‌شود :

$$x = \sum_{i=1}^k a_i s_i \quad (۷-۲)$$

که s_i ها منابع یا سیگنال‌های مستقل از هم (وابستگی از تمام درجات در آن‌ها صفر است) و a_i ها ضرایب ترکیب به ازای هر منبع است. به منظور استفاده در تشخیص چهره دو معماری امکان پذیر است [۲۲]. در معماری اول s_i تصاویر پایه (بردار) و a_i ها ضرایب ترکیب تصاویر پایه به صورت عددی هستند. به این ترتیب به جای ورودی x از ضرایب a_i استفاده می‌کنیم. در معماری دوم s_i ها ضرایب

1. Independent Component Analysis
2. Blind Source Separation

ترکیب و a_i ها تصاویر پایه هستند. در این حالت به جای ورودی x از ضرایب s_i استفاده می‌کنیم. در معماری اول، تصاویر پایه دارای استقلال آماری هستند و در معماری دوم ضرایب خروجی دارای استقلال آماری هستند، ولی تصاویر پایه استقلال آماری ندارند. شکل ۲-۱۲ تصاویر پایه دو معماری را نشان می‌دهد. عموماً در معماری اول ویژگی‌های محلی و در معماری دوم ویژگی‌های عمومی‌تر استخراج شده است.



شکل ۲-۱۲: تصاویر پایه در دو معماری ممکن توسط ICA
معماری اول (بالا) و معماری دوم (پایین) [۲۲]

۲-۳-۱-۳- ترکیب PCA، الگوی باینری محلی و فیلترهای گابور

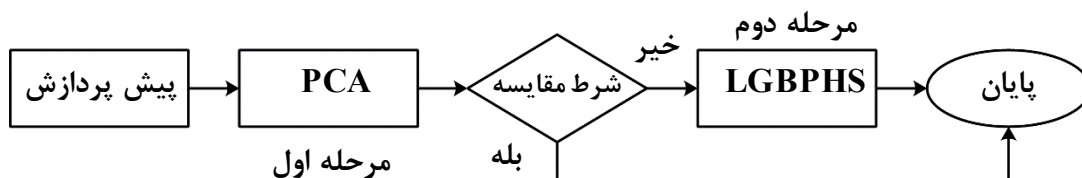
در این روش با ترکیب دو روش عمومی و محلی شناسایی چهره، سعی شده است از ویژگی‌های کلی و ناحیه‌ای چهره همزمان استفاده شود [۵]. این روش که با عنوان 'DLP' ارائه شده است، شامل دو مرحله متوالی است (شکل ۲-۱۳).

- در مرحله اول با استفاده از الگوریتم PCA عمل شناسایی انجام شده است. به این ترتیب که به ازای هر تصویر ورودی، ۶ تصویر با مقادیر ویژه بیشتر انتخاب شده و چنانچه سه تصویر اول از یک فرد باشند و یا تصویر اول و دو تصویر از ۵ تصویر دیگر مربوط به یک فرد باشند، عمل شناسایی به پایان رسیده و این فرد به عنوان فرد شناسایی شده، انتخاب خواهد شد. چنانچه

شرط فوق صحیح نباشد، تصویر وارد مرحله دوم می‌شود. در ارزیابی دیگر به جای ۶ تصویر از ۲۵ تصویر استفاده شده است.

▪ در مرحله دوم ابتدا ۴۰ فیلتر گابور با ۸ جهت و ۵ اندازه مختلف طراحی می‌شوند. سپس هر یک از تصاویر ورودی با این ۴۰ فیلتر کانولوشن می‌شود و بنابراین به ازای هر تصویر ورودی ۴۰ تصویر با چرخش و اندازه‌های متفاوت ساخته می‌شود. در ادامه برای هر یک از تصاویر ساخته شده الگوهای باینری محلی محاسبه شده و در نهایت هیستوگرام در نواحی مختلف برای هر تصویر محاسبه می‌شود.

این مراحل برای تصویر ورودی در مرحله ارزیابی نیز انجام می‌شود و در نهایت هیستوگرام‌های این تصویر با هیستوگرام‌های تصاویر مرحله آموزش مقایسه می‌شود و هویت فرد مشخص می‌گردد. شکل زیر این مراحل را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۳: مراحل کار در روش DLP

همان‌طور که در جدول ۲-۱ مشخص است، این روش نسبت به تغییرات شدت روشنایی بسیار مقاوم است. اما محاسبات زمانبر این روش باعث عدم استفاده آن در کارهای بلادرنگ و شناسایی در تصاویر ویدیویی شده است.

جدول ۱-۲: میزان شناسایی با استفاده از روش DLP بر روی پایگاه داده Extended Yale B

DLP	LGBPHS	PCA	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	مجموعه ۲
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	مجموعه ۳
۹۷,۹	۹۲,۷	۹۵	مجموعه ۴

۲-۳-۱-۴- توصیفگر SIFT

توصیفگر SIFT یک روش تناظریابی مبتنی بر ویژگی است که در سال ۱۹۹۱ ارائه شده است و اولین بار در سال ۲۰۰۴ جهت شناسایی الگو در تصاویر بصری استفاده شد [۲۸]. این توصیفگر از ۴ مرحله تشکیل شده است. اولین مرحله، ایجاد فضای مقیاس^۱ و انتخاب نقاط اکسترمم^۲ است. فضای مقیاس، نمایش ساختارهای تصویر در مقیاس‌های مختلف است که از مجموعه‌ای از تصاویر گوسی و DoG^۳ در ابعاد مختلف تشکیل شده است. این تصاویر در لایه‌های منظمی تحت عنوان اکتاو^۴ گروه‌بندی و مرتب شده‌اند (شکل ۲-۱۴). تصویر ورودی در روند تکراری با کرنل گوسی^۵ (رابطه ۲-۹) در مقیاس‌های مختلف کانولوشن می‌شود تا تصاویر گوسی فضای مقیاس در هر اکتاو ایجاد شود. رابطه (۲-۸) نشان می‌دهد تصویر گوسی از کانولوشن تصویر ورودی با کرنل گوسی بدست می‌آید.

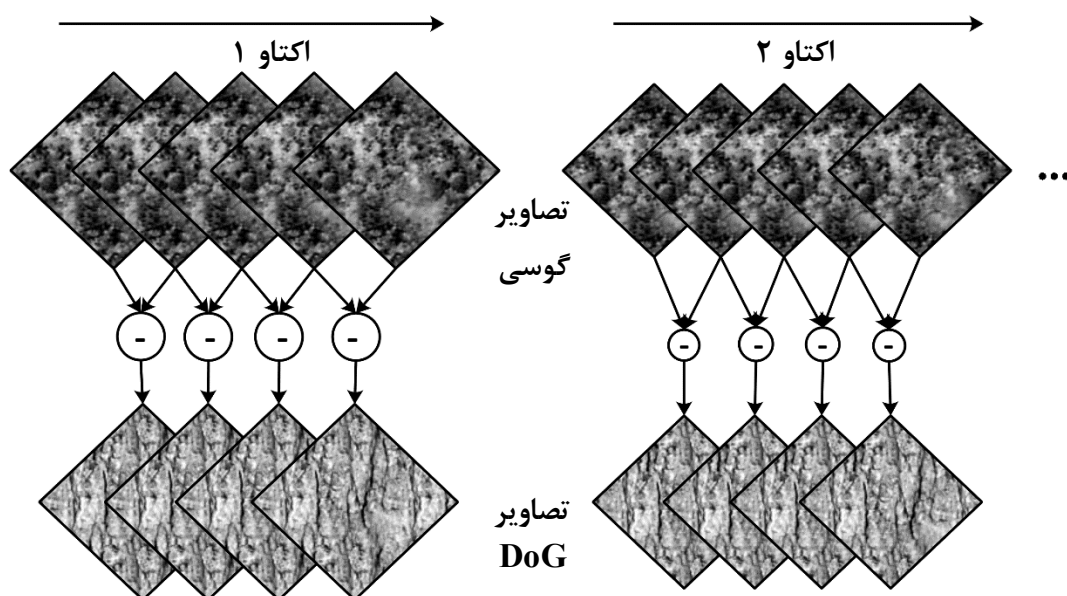
$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (۲-۸)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (۲-۹)$$

1. Scale Space
 2. Extrma
 3. Difference of Gaussian
 4. Octave
 5. Gaussian Function

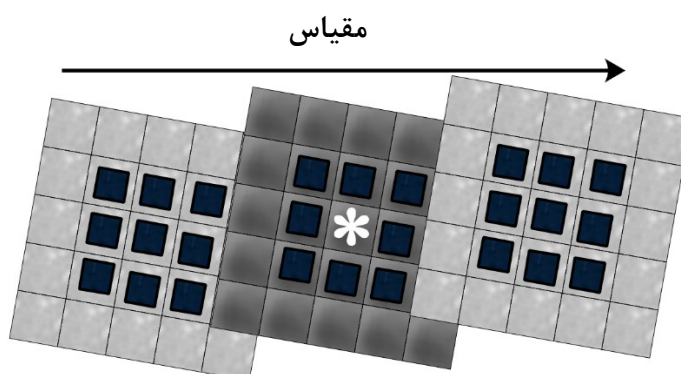
σ مقیاس تصویر را نشان می‌دهد. تصاویر DoG مطابق رابطه (۲-۱۰) از تفاضل دو تصویر گوسی مجاور در فضای مقیاس، محاسبه می‌شوند.

$$D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \quad (2-10)$$



شکل ۲-۱۴: تصاویر گوسی و DoG در فضای مقیاس

هر یک از پیکسل‌های تصویر در DoG با ۸ پیکسل همسایه از همان مقیاس و ۹ پیکسل همسایه از مقیاس بالا و پایین مقایسه شده و چنانچه مینیمم یا ماکزیمم این پیکسل‌ها باشد، به عنوان نقطه اکسترم انتخاب خواهد شد (شکل ۲-۱۵).



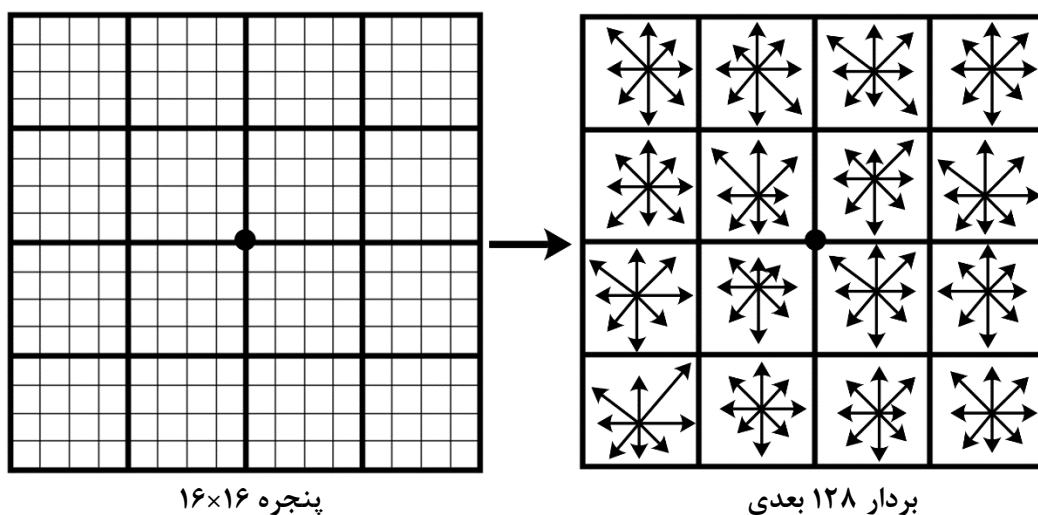
شکل ۲-۱۵: محاسبه نقاط اکسترم

در مرحله دوم نقاط استخراج شده بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرند تا نقاط پایدارتر انتخاب شوند. پایداری برای هر نقطه به صورت $|D(x,y,\sigma)|$ مشخص شده و با استفاده از حد آستانه، نقاط با وضوح پایین و ناپایدار در لبه‌ها حذف خواهند شد. در مرحله سوم به منظور مقاوم بودن الگوریتم در برابر چرخش، برای تمام نقاط استخراج شده پارامتر اندازه گرادیان و جهت تعیین می‌گردد. روابط زیر این پارامترها را محاسبه می‌کنند.

$$m(x,y) = \sqrt{(L(x+l,y)-(x-l,y))^2 + (L(x,y+l)-(x,y-l))^2} \quad (11-2)$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1}((L(x,y+l)-(x,y-l))/(L(x+l,y)-(x-l,y))) \quad (12-2)$$

در مرحله چهارم متناظر با هر نقطه، یک توصیفگر به عنوان ابزاری برای تناظریابی میان نقاط ایجاد می‌شود. توصیفگر، هیستوگرامی سه بعدی از شیب و جهت است. شیب یک شبکه 4×4 و جهت نیز در ۸ قسمت تفکیک شده است. ویژگی‌های نهایی هر یک از نقاط استخراج شده، در یک بردار یکه با ۱۲۸ مولفه $(4 \times 4 \times 8)$ قرار می‌گیرند. شکل ۲-۱۶ توصیف یک نمونه از نقاط استخراج شده توسط توصیفگر SIFT را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۶: توصیف نمونه ای از نقاط استخراج شده توسط SIFT

دسته ای دیگر از روش‌ها موسوم به مدل ظاهر فعال^۱ به دو پارامتر اساسی شکل و بافت پوست می‌پردازند. در این روش‌ها برای هر کدام از این دو پارامتر مدلی ساخته می‌شود و سپس این دو مدل در یک مدل ترکیب می‌شوند و پارامترهای مدل نهایی، در تشخیص چهره در نظر گرفته می‌شود [۲۹]. به عنوان نمونه روش مورفیل دو بعدی و سه بعدی دو نمونه از روش‌های ظاهر فعال هستند. در این روش‌ها با استفاده از تصاویر چهره برچسب‌گذاری شده در نقاط مهم چهره (لب، بینی و چشم) دو پارامتر اساسی ذکر شده بدست می‌آیند. از طریق مختصات این نقاط، شکل و از طریق توزیع سطح خاکستری در این نواحی، بافت بدست می‌آید. سپس روی هر کدام از بردارهای پارامترها به ازای تصاویر مختلف، تبدیل PCA اعمال می‌شود و ضرایب بدست آمده در تشخیص چهره استفاده می‌شوند.

۲-۳-۲- شناسایی چهره در تصاویر ویدیویی

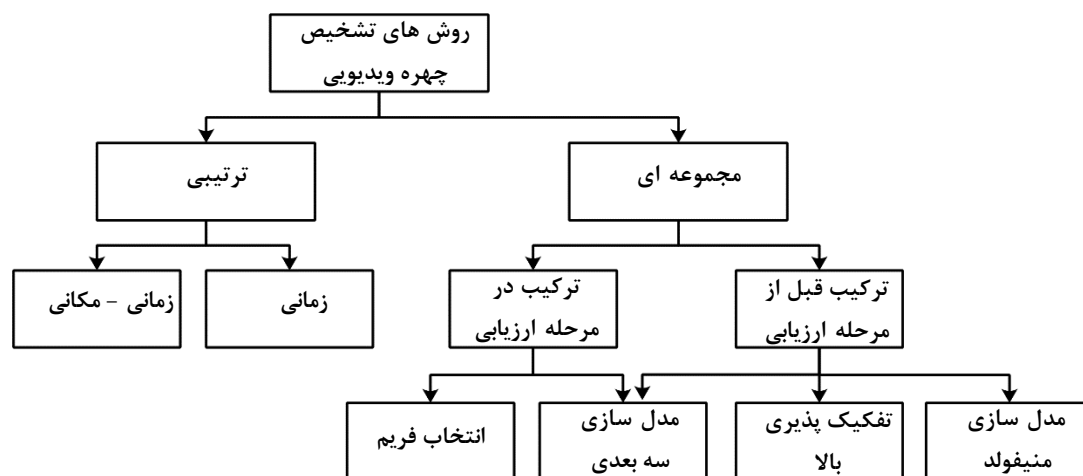
سیستم‌های شناسایی چهره را می‌توان براساس استفاده از ویژگی‌های شناسایی چهره در ویدیو (بخش ۲-۱)، در دو دسته کلی قرار داد (شکل ۲-۱۷) [۱].

▪ روش‌های مجموعه‌ای^۲ از ترکیب مشاهدات در مجموعه تصاویر استفاده می‌کنند. اگر چه ترتیب تصاویر در این روش‌ها اهمیت ندارد، اما از تنوع مشاهدات به منظور مقاوم‌سازی در شرایط متفاوت استفاده می‌کنند. برخی از روش‌های مجموعه‌ای قبل از عمل شناسایی و در مرحله آموزش تصاویر مختلف یک فرد را ترکیب می‌کنند و اطلاعات یا ویژگی‌هایی بدست می‌آورند و در مرحله ارزیابی از آن‌ها استفاده می‌کنند و برخی از روش‌ها در حین عمل شناسایی و در مرحله ارزیابی مشاهدات را ترکیب می‌کنند. تفکیک‌پذیری بالا^۳ یکی از تکنیک‌هایی است که ترکیب تصاویر را قبل از عمل شناسایی به منظور بهبود وضوح تصاویر انجام می‌دهد. تکنیک‌های مدل‌سازی سه بعدی^۴ به دنبال ساخت مدلی از چهره هستند تا به مقاومت روش در برابر

1. Active Appearance Model
2. Set-based
3. Super Resolution
4. 3D Modeling

چرخش‌های مختلف کمک کنند. در برخی روش‌ها، مجموعه مشاهدات به عنوان منی‌فولد^۱ یا توزیع آماری مدل می‌شوند تا روش شناسایی در مقابل شرایط زاویه دید متفاوت، شدت روشنایی‌ها و حالات مختلف چهره مقاوم شود. برخی روش‌ها به دنبال انتخاب مناسب‌ترین فریم^۲ از بین فریم‌هایی هستند که فرد در آن‌ها وجود دارد.

▪ دسته دوم شامل روش‌های ترتیبی^۳ است که از اطلاعات زمانی به منظور افزایش کارایی و شناسایی در شرایط نامناسب استفاده می‌کنند. تکنیک‌های زمانی - مکانی^۴ از نشانه‌های حرکتی و ظاهری به منظور شناسایی استفاده می‌کنند. تکنیک‌های زمانی^۵ فقط از نحوه حرکت چهره استفاده می‌کنند. به دلیل نیاز به بلادرنگ بودن سیستم و جلوگیری از مشکلات احتمالی در رابطه با ورود افراد در فریم‌های مختلف، در این پایان‌نامه از روش انتخاب فریم استفاده شده است.



شکل ۲-۱۷: طبقه بندی روش‌های شناسایی چهره در تصاویر ویدیویی

1. Manifold Modeling
2. Frame Selection
3. Sequence-based
4. Spatiotemporal
5. Temporal

هر کدام از روش‌های تشخیص چهره در تصاویر ثابت به نسبت توانایی‌های خود می‌تواند مبنای تشخیص چهره در ویدیو قرار گیرند. استفاده از روش‌های تشخیص چهره ثابت در ویدیو به نیازمندی‌ها و چالش‌های تشخیص چهره در ویدیو بر می‌گردد. در ویدیو و به خصوص در کاربردهای مراقبت امنیتی، علاوه بر مشکلات موجود در شناسایی چهره در تصاویر ثابت، مسائلی مانند وضوح پایین تصاویر چهره و نیاز به بلادرنگ بودن سیستم شناسایی مطرح می‌شود. در ادامه تناسب روش‌های تشخیص چهره ثابت را به منظور استفاده به عنوان الگوریتم مبنایی در تشخیص چهره ویدیویی بررسی می‌کنیم. این بررسی باید بر اساس نیازمندی‌های الگوریتم تشخیص چهره در ویدیو انجام شود :

- وضوح پایین تصاویر: در کاربردهای مراقبت امنیتی، وضوح تصاویر چهره افراد معمولاً پایین‌تر از حالت عادی خواهد بود. به دلیل مشکل بودن استخراج ویژگی در تصاویر ویدیویی توسط روش‌های محلی، اکثر روش‌های استفاده شده در تصاویر ویدیویی جزء روش‌های عمومی هستند اما اگر بتوان از روش‌های محلی‌ای که حساسیت کمتری نسبت به کاهش وضوح تصاویر دارند استفاده کرد، نتایج بسیار مفیدتری بدست خواهد آمد.
- تغییرات پیوسته پارامترهای چهره: به دلیل تحرک فرد مورد نظر، پارامترهایی نظیر نورپردازی، حالات و چرخش چهره در طول فریم‌های متوالی تغییر خواهند کرد. روش‌های محلی و بر اساس مدل در شرایط متفاوت نورپردازی و چرخش چهره عملکرد خوبی دارند. روش‌های عمومی، مقاومت بسیار کمتری در برابر این شرایط دارند.
- بلادرنگ بودن: پارامترهای زیادی در این مساله دخیل هستند. یکی سرعت ذاتی روش مبنایی مورد استفاده و دیگری ترکیب این روش‌ها با مفاهیم خوشه بندی است. مورد اخیر به این دلیل مورد نیاز است که با افزایش حجم گالری و تعداد افراد، در صورتی که برای تشخیص هویت هر فرد گالری را به طور کامل پیمایش کنیم، زمان پردازش به طور خطی با افزایش تعداد افراد، افزایش می‌یابد. ولی با استفاده از خوشه‌بندی این زمان به صورت لگاریتمی افزایش خواهد

یافت. بنابراین به منظور بلادرنگ بودن الگوریتم، باید از روش‌هایی استفاده کنیم که امکان خوشه‌بندی را فراهم کنند.

بر اساس این سه نیازمندی، به نظر می‌رسد روش‌های محلی که بتوانند در مقابل کاهش وضوح تصاویر استقامت بیشتری داشته باشند، بهترین انتخاب برای استفاده به عنوان الگوریتم مبنایی در تشخیص چهره ویدیویی باشند. در این پایان‌نامه از توصیفگر SIFT که جزء روش‌های محلی است، به دلیل سرعت بالا و مقاومت آن در برابر شرایط متفاوت استفاده شده است.

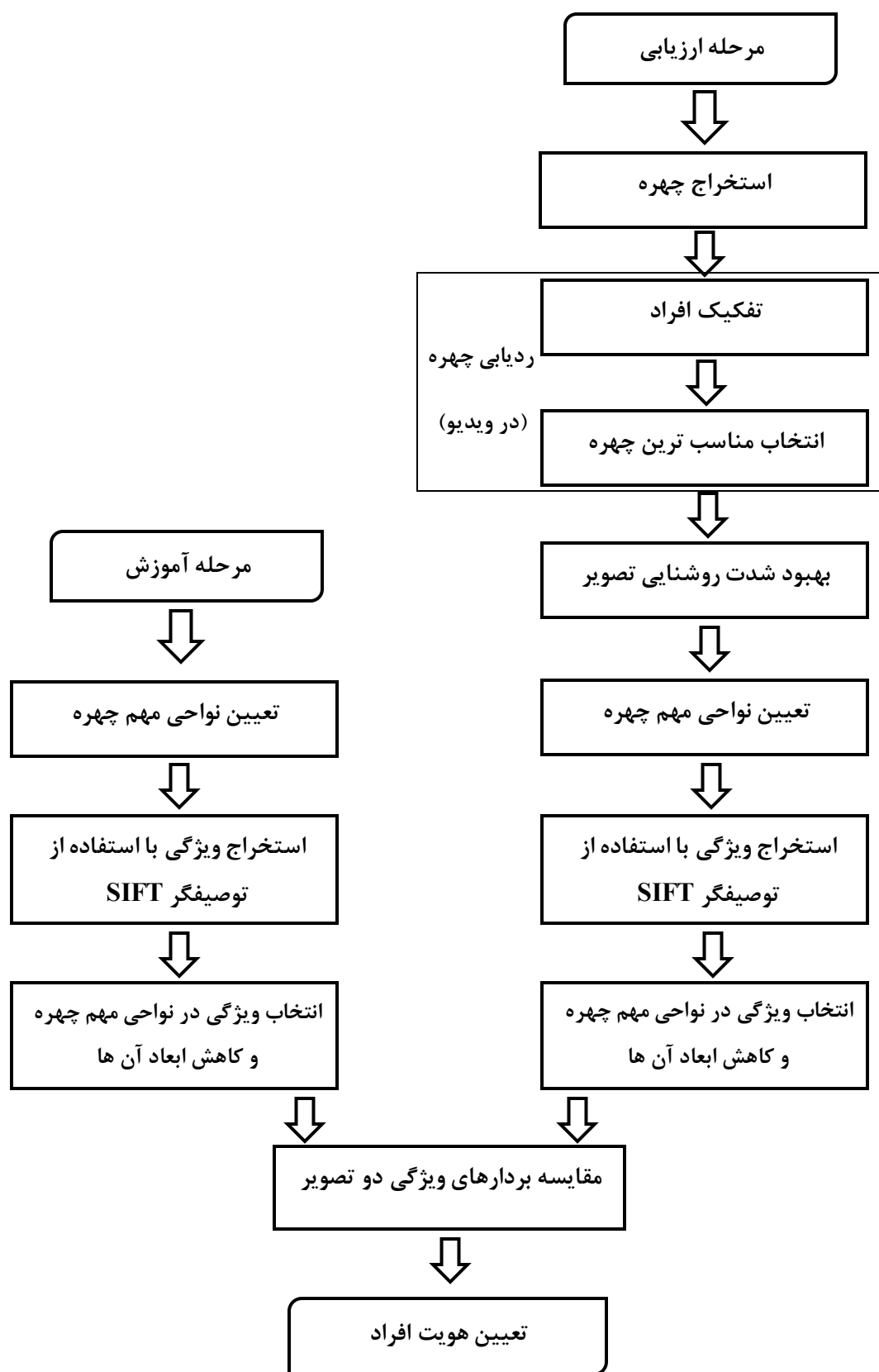
۲-۴- جمع‌بندی

در این فصل به بررسی سیستم تشخیص چهره پرداخته شد. این سیستم از دو بخش استخراج چهره و شناسایی چهره تشکیل شده است. دو روش از روش‌های مرسوم در استخراج چهره در این فصل تشریح شدند. بیان شد که شناسایی چهره می‌تواند در تصاویر ثابت و یا تصاویر ویدیویی استفاده شود و همچنین چند روش از روش‌های شناسایی چهره در تصاویر ثابت بررسی شد. در نهایت روش‌های کلی شناسایی چهره در تصاویر ویدیویی نیز به صورت دسته‌بندی ارائه گردید.

فصل سوم

سیستم پیشنهادی

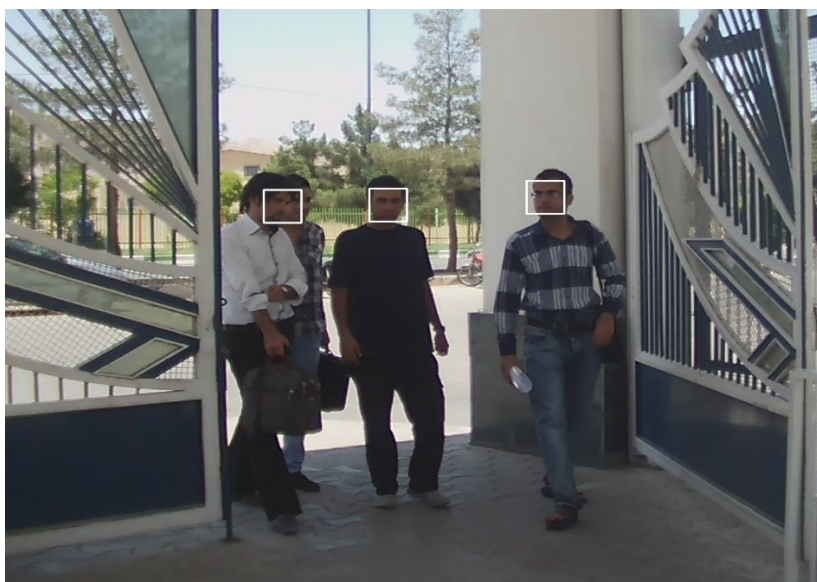
در فصل دوم روش‌ها و تکنیک‌های استخراج و شناسایی چهره در تصاویر ثابت و ویدیویی بررسی شد. در این فصل روش پیشنهادی به منظور استخراج و شناسایی چهره در تصاویر ویدیویی تشریح شده است. همان‌طور که بیان شد هدف از این پایان‌نامه تشخیص چهره در تصاویر ویدیویی است. بنابراین مهم‌ترین پارامتری که روش پیشنهادی باید مد نظر قرار دهد، بلادرنگ بودن سیستم است. به منظور تحقق این هدف لازم است از روش‌هایی در استخراج و شناسایی چهره استفاده شود که علاوه بر دقت و مقاومت مناسب نسبت به مشکلات ذکر شده، از سرعت بالایی نیز برخوردار باشند. روش الگوی باینری محلی چند بلاکی (بخش ۲-۲-۲) به همراه طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آدابوست نامتقارن (بخش ۲-۲-۳) به دلیل سرعت و دقت مناسب آن، مناسب‌ترین روش در استخراج تصاویر چهره می‌باشد. پس از استخراج تصاویر چهره به منظور استفاده از ویژگی‌های تشخیص چهره ویدیویی، از روش انتخاب فریم استفاده شده است. دلیل استفاده از این روش، نیاز به بلادرنگ بودن سیستم و جلوگیری از مشکلات احتمالی در رابطه با ورود افراد در فریم‌های مختلف می‌باشد. در هر فریم لازم است تصاویر افراد در گروه مربوط به آن فرد قرار گیرد تا در طول هر چند فریم، مناسب‌ترین چهره فرد انتخاب شود و به مرحله شناسایی ارسال گردد. بخش ۳-۳ به شرح روش پیشنهادی در تفکیک افراد و انتخاب مناسب‌ترین چهره از هر فرد پرداخته است. در مرحله نهایی عمل شناسایی چهره و یا تعیین هویت افراد انجام می‌شود. به منظور استخراج ویژگی از تصاویر چهره از توصیفگر SIFT استفاده شده است. در انتها، تنها از ویژگی‌های استخراج شده در نواحی مهم چهره استفاده شده و ابعاد این ویژگی‌ها کاهش می‌یابند. همچنین به منظور تعیین نواحی مهم چهره از روش Flandmark که هشت نقطه در اطراف دو چشم، نوک بینی و اطراف دهان و مرکز چهره مشخص می‌کند، به دلیل سرعت فوق‌العاده بالای آن کمک گرفته شده است. این روش در بخش ۳-۴ روش پیشنهادی در شناسایی چهره شرح داده شده است. در شکل ۱-۳ مراحل کار در روش پیشنهادی نشان داده شده است.



شکل ۳-۱: مراحل روش پیشنهادی

۲-۳- استخراج تصاویر چهره

روش‌های استخراج چهره مبتنی بر یادگیری، مناسب‌ترین روش‌ها در محیط واقعی هستند. به این منظور در این پایان نامه از روش الگوی باینری محلی چند بلاکی به همراه طبقه‌بند آبشاری مبتنی بر آداپوست نامتقارن که در بخش ۲-۲-۲ تشریح شد، استفاده شده است. دلیل دیگر استفاده از این روش سرعت بالای آن می‌باشد. در شکل ۲-۳ تصاویر چهره با استفاده از این روش، استخراج شده است.



شکل ۲-۳: استخراج تصاویر چهره

۳-۳- ردیابی تصاویر چهره

در طول فریم‌های ویدیویی ممکن است چند فرد به طور همزمان در دید دوربین قرار گیرند. ارسال تمام تصاویر چهره این افراد به مرحله شناسایی و پردازش به منظور شناسایی آن‌ها، کاری بسیار زمانبر است و سیستم را از حالت بلادرنگ خارج می‌کند. به منظور رفع این مشکل می‌توان از روش‌های ردیابی و در نهایت ساخت مدلی از چهره استفاده کرد. اما مشکل استفاده از روش‌های ردیابی این است که این روش‌ها در ابتدا نیاز دارند که چهره افراد مشخص شود و سپس ردیابی آن‌ها را انجام دهند. به دلیل این که ممکن است افراد در فریم‌های مختلف وارد دید دوربین شوند و یا در چند فریم ابتدایی چهره برخی استخراج نشود (شکل ۳-۳)، نیاز است در هر فریم عمل استخراج چهره نیز انجام شود و بنابراین ردیابی دیگر معنایی نخواهد داشت. هم‌چنین این کار به شدت زمان سیستم را افزایش خواهد داد و ممکن است سیستم را از حالت بلادرنگ خارج کند. ضمن این که ساخت مدلی از چهره نیز کاری زمانبر می‌باشد.



شکل ۳-۳: ورود افراد به سیستم در فریم‌های مختلف

تفکیک افراد و انتخاب مناسب‌ترین چهره از هر فرد در طول چندین فریم، روش استفاده شده در این پایان‌نامه است. در بخش ۳-۳-۱ روش استفاده شده به منظور تفکیک افراد و در بخش ۳-۳-۲ روش استفاده شده در انتخاب بهترین چهره از هر فرد تشریح شده است.

۳-۳-۱- تفکیک افراد

تفکیک چهره افراد در طول چندین فریم ویدیویی به دلایلی هم چون عدم استخراج چهره فرد در برخی فریم‌ها، نیاز به پردازش بلادرنگ و استتار چهره به صورت کلی و جزئی مساله‌ای دشوار است. روش استفاده شده به منظور تفکیک افراد به این صورت است که در هر فریم، تصاویر چهره افراد استخراج شده و مختصات هر یک از این تصاویر با مختصات تصاویر چهره افراد در چند فریم قبلی مقایسه می‌شود. چنانچه فاصله یک چهره در فریم جاری با هر یک از چهره‌های موجود در چند فریم قبلی از حد آستانه‌ای کمتر باشد، شباهت این چهره با هر یک از آن‌ها سنجیده می‌شود و سپس چهره موجود در فریم جاری به گروه چهره با بیشترین میزان شباهت ملحق می‌گردد. به منظور سنجش میزان شباهت دو چهره از معیار همبستگی نرمال شده^۱ استفاده شده است [۳۰]. رابطه این معیار به صورت زیر می‌باشد.

$$R(x', y') = \frac{\sum_{x', y'} [T(x', y') I(x + x', y + y')]}{\sqrt{\sum_{x', y'} T(x', y')^2 \sum_{x', y'} I(x + x', y + y')^2}} \quad (۱-۳)$$

R میزان همبستگی که مقداری بین صفر و یک است، I تصویر چهره در فریم جاری، T تصویر چهره در فریم قبلی، x و y مختصات نقاط تصاویر می‌باشند. تعیین تعداد فریم‌های قبلی که باید با فریم جاری بررسی شوند و همچنین تعیین حد آستانه برای جلوگیری از مشکلات احتمالی در تفکیک افراد، امری مهم است. از جمله مواردی که ممکن است باعث بروز مشکل در تفکیک چهره افراد شود، می‌توان به استتار یا عدم استخراج چهره فرد در چند فریم متوالی در زمانی که چهره‌ها به یکدیگر نزدیک هستند، اشاره کرد. در شرایطی که چهره‌ها به یکدیگر نزدیک هستند ممکن است با استتار یک چهره در چند فریم، چهره فردی دیگر به عنوان چهره نزدیک‌تر با فاصله‌ای کمتر از حد آستانه جایگزین چهره فرد مورد نظر شود و بنابراین تفکیک چهره‌ها را دچار مشکل کند. به این دلیل که در درگاه‌های ورودی تعداد افرادی که همزمان وارد می‌شوند محدود است، با در نظر گرفتن حد آستانه مناسب می‌توان از

1. Normalized Cross-Correlation

بروز این مشکل تا حد زیادی جلوگیری کرد. هم‌چنین در این پایان‌نامه به منظور رفع این مشکل، شباهت بین چهره فریم جاری با چهره‌های انتخاب شده از فریم‌های قبلی سنجیده شده است. در شکل ۳-۴ تفکیک افراد در چند فریم متوالی نشان داده شده است. در روش پیشنهادی، تصاویر چهره هر فریم با پنج فریم قبلی مقایسه می‌شوند و چنان‌چه فاصله چهره جدید با چهره‌های استخراج شده در پنج فریم قبلی از حد آستانه ۱۰۰ پیکسل کمتر باشد، شباهت تصویر چهره جاری با این چهره‌ها محاسبه شده و چهره در فریم جاری به گروه چهره مربوطه در فریم‌های قبلی ملحق می‌شود.



شکل ۳-۴: تفکیک افراد در چند فریم متوالی

۳-۳-۲- انتخاب مناسب‌ترین چهره از هر فرد

همان‌طور که گفته شد ارسال تمام تصاویر چهره به منظور شناسایی، کاری زمانبر است و سیستم را از حالت بلادرنگ خارج خواهد کرد. به منظور رفع این مشکل پیشنهاد شده چهره افراد تفکیک شود و یک چهره از هر فرد به مرحله شناسایی ارسال شود. در بخش قبلی چهره افراد تفکیک شد و این بخش به شرح روش پیشنهادی در انتخاب مناسب‌ترین چهره از هر فرد پرداخته است. چند ویژگی در انتخاب مناسب‌ترین تصویر چهره مهم هستند. شدت روشنایی، میزان تار بودن، زاویه دید و اندازه تصویر از جمله مهم‌ترین این ویژگی‌ها می‌باشند. نحوه کار به این صورت است که هر یک از این ویژگی‌ها برای هر تصویر ورودی محاسبه شده و با در نظر گرفتن وزنی برای هر یک از ویژگی‌ها (جدول ۳-۱) مقادیر بدست آمده

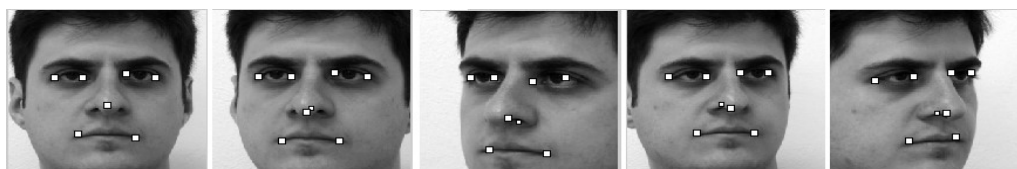
با یکدیگر جمع می‌شوند. در نهایت تصویری که بیشترین مقدار را به خود اختصاص دهد به عنوان تصویر خروجی انتخاب شده و به مرحله شناسایی ارسال خواهد شد. در ادامه نحوه بدست آمدن هر یک از این ویژگی‌ها شرح داده شده است.

جدول ۱-۳: وزن ویژگی‌های استفاده شده جهت تعیین امتیاز تصاویر چهره

ویژگی	زاویه دید	شدت روشنایی	تاری	وضوح
وزن‌ها [۳۱]	۱,۷	۰,۶	۰,۹	۰,۸
وزن‌های استفاده شده	۱,۷	۰,۸	۰,۸	۱,۴

۳-۳-۱- تخمین زاویه دید

نواحی مهم چهره مانند چشم‌ها، بینی و دهان از موثرترین نواحی در تفکیک افراد به شمار می‌آیند. به همین جهت استفاده از تصاویری که زاویه دید مناسبی دارند، نرخ شناسایی را بشدت افزایش خواهد داد. زاویه دید در انتخاب مناسب‌ترین تصویر چهره به عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در نظر گرفته می‌شود. در [۳۲] به منظور تخمین زاویه دید از مرکز چهره و مرکز جرم آن استفاده شده است. مشکل این روش حساسیت آن به شرایط نوری متفاوت است. به منظور تخمین زاویه دید در تصاویر ویدیویی با کیفیت پایین، در [۳۱] از تکنیک تفکیک‌پذیری بالا به منظور بهبود کیفیت تصویر و سپس تخمین زاویه دید با استفاده از روش [۳۳] استفاده شد. در این پایان‌نامه به کمک روش ارائه شده در [۳۴]، ابتدا نقاط اطراف دو چشم، نوک بینی، اطراف لب‌ها و مرکز چهره (شکل ۵-۳) استخراج می‌شود و سپس با استفاده از این نقاط، زاویه دید چهره تخمین زده می‌شود. مزیت این روش این است که در آن دقت استخراج نقاط در تصاویر کیفیت پایین هم مناسب است و نیازی به استفاده از تکنیک تفکیک‌پذیری بالا ندارد.

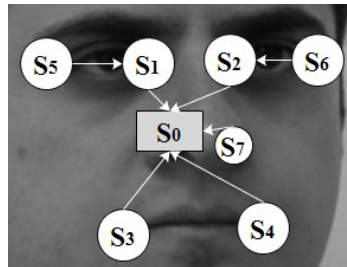


شکل ۵-۳: نقاط استخراج شده با استفاده از روش [۳۴]

این روش به منظور استخراج نقاط ذکر شده، از ساختارهای طبقه‌بند مبتنی بر DPM^۱ استفاده می‌کند. DPM سعی می‌کند ویژگی‌های محلی و هندسی چهره را با یکدیگر در یک مدل قرار دهد. ورودی طبقه‌بند تصویر ثابت یک چهره و خروجی آن تخمین نقاطی در اطراف دو چشم، اطراف دهان و نوک بینی و مرکز چهره است. کیفیت نقاط استخراج شده در تصویر I با استفاده از تابع امتیاز $f: I \times S \rightarrow R$ سنجیده می‌شود. نحوه محاسبه تابع f به صورت دقیق‌تر در رابطه زیر آمده است.

$$f(I, s) = \sum_{i=0}^{M-1} q_i(I, s_i) + \sum_{i=1}^{M-3} g_i(s_0, s_i) + g_5(s_1, s_5) + g_6(s_2, s_6) + g_7(s_0, s_7) \quad (2-3)$$

توابع $q_i(I, s_i)$ و $g_i(s_i, s_j)$ به ترتیب بیانگر ویژگی‌های ظاهری چهره و اطلاعات جابه‌جایی نقاط مانند تغییر فاصله و زاویه بین نقاط می‌باشند. پارامترهای ورودی این توابع با استفاده از ماشین بردار پشتیبان در مرحله آموزش، محاسبه می‌شود. ماکزیمم کردن تابع f با استفاده از برنامه‌نویسی پویا به شکل گراف محدودیت (شکل ۳-۶) انجام می‌شود. در نهایت با استفاده از نقاط استخراج شده و فواصل بین این نقاط، زاویه دید تصویر چهره تخمین زده می‌شود.



شکل ۳-۶: گراف محدودیت

نحوه محاسبه امتیاز از نظر زاویه دید برای هر تصویر به این صورت است که پس از این که نقاط هشت‌گانه ذکر شده مشخص شد، فاصله بین نقطه استخراج شده در گوشه چپ چشم و گوشه راست چشم راست با نقطه استخراج شده در نوک بینی سنجیده می‌شود و از اختلاف آن‌ها به عنوان

معیاری برای سنجش زاویه دید چهره استفاده می شود. طبیعتاً هر چه این اختلاف کمتر باشد، زاویه دید مناسب تر خواهد بود. در روابط زیر امتیاز مربوط به زاویه دید هر تصویر محاسبه شده است.

$$Score_1 = 1 - \frac{pose_i}{pose_{max}} \quad (3-3)$$

$$pose_i = abs(A_i - B_i) \quad (4-3)$$

$$\begin{aligned} A &= X_{Nose} - X_{LeftEye} \\ B &= X_{RightEye} - X_{Nose} \end{aligned} \quad (5-3)$$

A و B به ترتیب فاصله گوشه چپ چشم چپ و فاصله گوشه راست چشم راست تا نوک بینی در یک تصویر می باشند. تابع abs به عنوان تابع قدرمطلق، اختلاف این دو را محاسبه می کند و $pose_{max}$ بیشترین اختلاف میان A و B در بین تمام تصاویر می باشد. در شکل ۷-۳ امتیاز محاسبه شده از لحاظ زاویه دید برای چند تصویر محاسبه شده است.



شکل ۷-۳: امتیازات بدست آمده از لحاظ زاویه دید برای چند تصویر

۳-۳-۲- محاسبه شدت روشنایی

تصاویر با شدت روشنایی های بالا و پایین باعث بروز مشکل در پایداری سیستم شناسایی چهره خواهند شد. به منظور جلوگیری از ورود تصاویر با شدت روشنایی نامناسب به مرحله شناسایی، نیاز است شدت روشنایی تصاویر محاسبه شده و تصاویری که از شدت روشنایی مناسبی برخوردارند به مرحله شناسایی ارسال شوند. جهت تعیین میزان شدت روشنایی یک تصویر، در ابتدا تصویر چهره را به فضای رنگی YCbCr برده و سپس با محاسبه میانگین پیکسل های مولفه Y تصویر، میزان شدت روشنایی آن مشخص

خواهد شد. این روش به این دلیل که ناحیه چهره معمولاً کوچک است می تواند روش مناسبی باشد. در [۳۱] پیشنهاد شد که امتیاز روشنایی هر تصویر به کمک رابطه (۶-۳) محاسبه شود.

$$Score_{brightness} = \frac{brightness}{brightness_{max}} \quad (۶-۳)$$

$brightness_{max}$ بیشترین میزان شدت روشنایی در بین شدت روشنایی تمام تصویر است. اما مشکل این روش این است که همیشه تصاویر با بیشترین شدت روشنایی را به عنوان مناسب ترین تصویر از نظر شدت روشنایی انتخاب می کند، در صورتی که همیشه تصاویر با بیشترین شدت روشنایی مناسب ترین تصاویر نخواهند بود و ممکن است شدت روشنایی تصویر بیش از حد بالا باشد. به منظور رفع این مشکل، روشی به این صورت پیشنهاد شده است که در ابتدا تصاویری که میزان شدت روشنایی آن ها در بازه ای مشخص و مناسب هستند، انتخاب می شوند و سپس میانگین شدت روشنایی آن ها محاسبه می شود (رابطه (۸-۳)). در نهایت تصویری که شدت روشنایی آن به میانگین نزدیک تر باشد به عنوان مناسب ترین تصویر از نظر شدت روشنایی انتخاب می شود. به منظور امتیازدهی به تصاویر رابطه (۷-۳) پیشنهاد شده است.

$$Score_2 = \begin{cases} -\frac{brightness}{Avg} + 1 & 1 < \frac{brightness}{Avg} \leq 2 \\ \frac{brightness}{Avg} & 0 < \frac{brightness}{Avg} \leq 1 \end{cases} \quad (۷-۳)$$

$$Avg_{50 < brightness < 150} = \frac{\sum_{i=1}^n brightness_i}{n} \quad (۸-۳)$$

شکل ۸-۳ امتیازات بدست آمده برای چند تصویر از نظر شدت روشنایی را نشان داده است.



۰,۴۶ ۰,۶۱ ۰,۹۷ ۰,۵۷ ۰,۴۱

شکل ۳-۸: امتیازات بدست آمده از لحاظ شدت روشنایی برای چند تصویر

۳-۳-۲-۳ محاسبه تاری تصویر

تار بودن تصویر یکی دیگر از مشکلاتی است که باعث کاهش نرخ شناسایی می‌شود. بنابراین لازم است تاری تصاویر نیز بررسی شود (رابطه (۳-۱۰)) و تصاویر با کمترین میزان تاری وارد مرحله شناسایی شوند. امتیاز تاری هر یک از تصاویر از رابطه (۳-۹) محاسبه می‌شود [۳۱].

$$Score_3 = \frac{sharpness}{sharpness_{max}} \quad (۳-۹)$$

$$sharpness_i = avg(abs(X_i - lowpass(X_i))) \quad (۳-۱۰)$$

X_i تصویر ورودی، avg تابع میانگین، abs تابع قدرمطلق، $lowpass$ فیلتر میانگین با پنجره 3×3 و $sharpness_{max}$ بیشترین میزان تاری در بین تمام تصاویر می‌باشند. در شکل ۳-۹ چند تصویر به همراه امتیاز هر یک از لحاظ میزان تاری نشان داده شده است.



۱ ۰,۷۲ ۰,۵۸ ۰,۵۲ ۰,۴۷

شکل ۳-۹: امتیازات بدست آمده از نظر میزان تاری برای چند تصویر

۳-۳-۲-۴ محاسبه وضوح تصویر

اندازه یا وضوح تصاویر چهره نیز در نرخ شناسایی بسیار موثر است. قطعا هر چه وضوح تصویر بالاتر باشد، می‌توان ویژگی‌های بهتری از چهره استخراج کرد و نرخ شناسایی را افزایش داد. به همین دلیل لازم

است که اندازه تصاویر نیز بررسی شود و از این ویژگی در انتخاب مناسب‌ترین تصویر چهره استفاده شود. در ابتدا وضوح هر یک از تصاویر با استفاده از رابطه (۳-۱۲) بدست آمده و سپس امتیاز هر تصویر از نظر میزان وضوح با استفاده از رابطه (۳-۱۱) محاسبه شده است.

$$Score_4 = \frac{resolution_i}{resolution_{max}} \quad (۳-۱۱)$$

$$resolution_i = width * height \quad (۳-۱۲)$$

$width$ و $height$ طول و عرض تصویر و $resolution_{max}$ مساحت بزرگ‌ترین تصویر می‌باشد. علت استفاده از تنها طول و عرض تصویر این است که تصاویر استخراج شده مربعی شکل هستند. چنان‌چه این تصاویر مربعی نباشند، می‌توان علاوه بر استفاده از مساحت، از نسبت طول به عرض نیز استفاده کرد. در شکل ۳-۱۰ امتیاز مربوط به هر تصویر از نظر اندازه نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۰: امتیازات بدست آمده از نظر اندازه برای چند تصویر

بعد از این که امتیازات مربوط به زاویه دید، میزان تاری، شدت روشنایی و وضوح برای هر تصویر مشخص شد، نیاز است امتیاز نهایی هر تصویر محاسبه شود. به همین منظور از رابطه (۳-۱۳) استفاده شده است.

$$Score_{final} = \frac{\sum_{i=1}^4 w_i Score_i}{\sum_{i=1}^4 w_i} \quad (۳-۱۳)$$

W_i وزن مربوط به هر یک از ویژگی‌ها و $Score_i$ می‌باشد. این وزن‌ها در جدول ۳-۱ آورده شده است. در شکل ۳-۱۱ امتیاز نهایی برای چند تصویر محاسبه شده است. با محاسبه امتیاز نهایی برای هر تصویر، مناسب‌ترین تصویر از هر فرد انتخاب و به مرحله شناسایی ارسال می‌شوند. ارسال مناسب‌ترین تصویر هر فرد به مرحله شناسایی به جای ارسال تمام تصاویر، سرعت سیستم را بسیار افزایش می‌دهد.



۳,۳۹

۳,۱۶

۲,۳۲

۳,۳

شکل ۳-۱۱: امتیازات نهایی بدست آمده برای چند تصویر

۳-۴- شناسایی چهره

در شرایط واقعی تغییرات در شدت روشنایی، زاویه دید، حالات چهره و پوشش بخشی از چهره وجود دارد. روش‌های عمومی به دلیل مقاومت پایین در برابر برخی از این تغییرات نمی‌توانند روش مناسبی به منظور شناسایی در تصاویر ویدیویی قرار گیرند. از میان روش‌های محلی نیز روشی مناسب است که بتواند از تصاویر ویدیو که دارای کیفیت نسبتاً نامناسب هستند، ویژگی‌های مقاومی استخراج کند.

در میان روش‌های محلی شناسایی چهره، توصیفگر SIFT به دلیل محاسبات سریع و دقت مناسب بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این روش در مقابل تغییرات شدت روشنایی، تغییرات زاویه دید، حالات مختلف چهره و پوشش‌هایی مانند عینک و کلاه که در محیط‌های کنترل نشده بسیار مهم است، نسبتاً مقاوم می‌باشد. در [۳۵] با استفاده از ثابت کردن نقاطی که توسط توصیفگر SIFT استخراج شده است، روشی ارائه شده است که در مقابل تغییرات شدید شدت روشنایی مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. اشکال این روش این است که در مقابل تغییرات حالت چهره و زاویه دید مقاومت بسیار کمی دارد. در [۳۶] سعی شد با استفاده از تطبیق نقاط استخراج شده به کمک SIFT و SURF و ترکیب

ویژگی‌های آن‌ها، نرخ شناسایی افزایش یابد. مشکل این روش نیز این است که در تصاویر کیفیت پایین، توصیفگر SURF تعداد نقاط محدودی استخراج می‌کند و بنابراین نرخ شناسایی کاهش خواهد یافت. در [۳۷] با استفاده از تغییر در نحوه تطبیق نقاط استخراج شده در تصاویر آموزش و تصویر مورد ارزیابی، مقاومت این توصیفگر در مقابل تغییرات زاویه دید و حالت چهره افزایش یافت. به طور کلی روش‌هایی که از SIFT استفاده می‌کنند علاوه بر این که قابلیت استفاده در کارهای بلادرنگ خواهند داشت، از نظر دقت نیز کارایی بالایی دارند. پایه روش پیشنهادی، روش SIFT-Kepenekci [۳۷] می‌باشد.

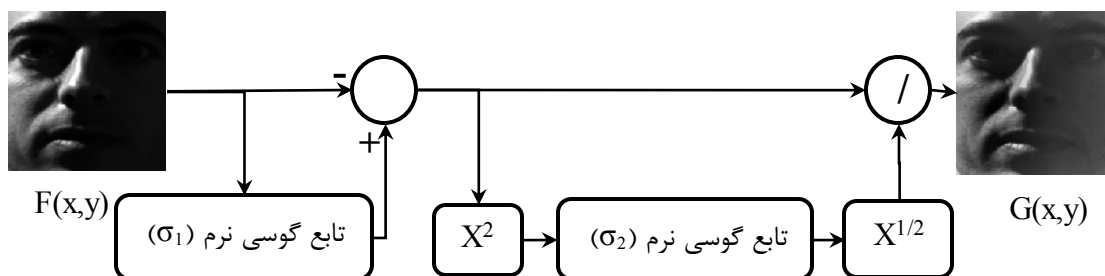
در ابتدا به منظور مقاوم بودن روش نسبت به شدت روشنایی‌های خیلی بالا و پایین، پیش‌پردازشی بر روی تصاویر انجام می‌شود. در ادامه به منظور استفاده از ویژگی‌های ناحیه‌ای چهره، نواحی مهم چهره مشخص شده و سپس ویژگی‌های تصاویر با استفاده از توصیفگر SIFT استخراج می‌شوند. در انتها با انتخاب ویژگی‌های استخراج شده در این نواحی و کاهش ابعاد آن‌ها، ویژگی‌های نهایی محاسبه می‌گردند. در شکل ۱-۳ مراحل روش پیشنهادی نشان داده شده است.

۳-۴-۱- بهبود شدت روشنایی تصاویر

ویژگی‌های استخراج شده از تصاویر چهره توسط توصیفگر SIFT، نسبت به شدت روشنایی‌های خیلی بالا یا پایین مقاوم نیستند. به همین دلیل پیش‌پردازشی به منظور بهبود شدت روشنایی تصاویر با استفاده از روش ارائه شده در [۳۸] (رابطه (۳-۱۴)) انجام می‌شود.

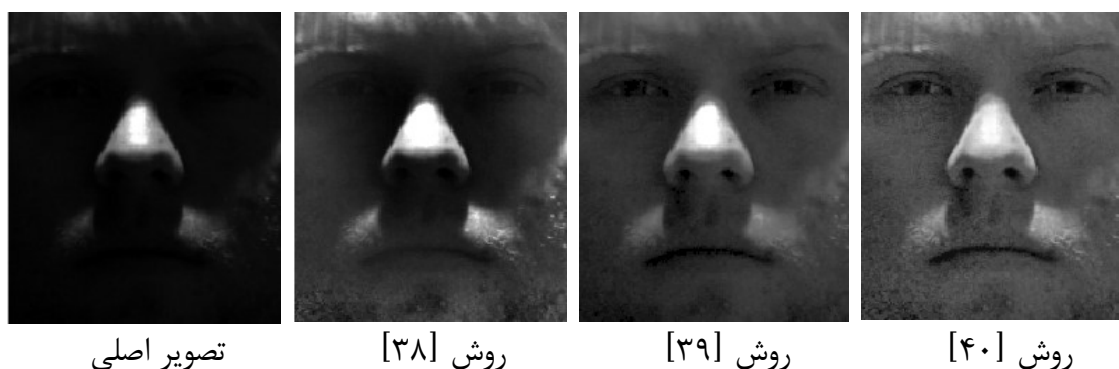
$$G(x, y) = \frac{F(x, y) - \mu_f(x, y)}{\sigma_f(x, y)} \quad (۳-۱۴)$$

$F(x, y)$ تصویر اصلی، $\mu_f(x, y)$ و $\sigma_f(x, y)$ به ترتیب تخمینی از میانگین و واریانس محلی تصویر ورودی و $G(x, y)$ تصویر خروجی می‌باشند. شکل ۳-۱۲ این روش را به کمک دیاگرام نشان داده است.



شکل ۳-۱۲: روش بهبود شدت روشنایی تصاویر (Local Normalization)

تخمین میانگین و واریانس محلی با استفاده از روش LSS^۱ انجام شده است. σ_1 و σ_2 به ترتیب، بازه‌ی همسایگی هر پیکسل را به منظور محاسبه میانگین و واریانس محلی کنترل می‌کنند و معمولاً σ_2 بیشتر از σ_1 است. روش‌های بهتری به منظور بهبود شدت روشنایی تصاویر وجود دارند که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های [۳۹] و [۴۰] اشاره کرد. دقت روش [۳۹] نسبت به روش Local Normalization بالاتر است، اما محاسبات آن نیز بالاتر است. در [۴۰] روشی به منظور بهبود جداگانه مولفه‌های روشنایی و بازتابش تصویر ارائه شده است. دقت این روش بسیار بالاتر از دو روش فوق است، اما محاسبات بالاتر آن تنها دلیل عدم استفاده از این روش در این پایان‌نامه است. در شکل زیر بهبود شدت روشنایی یک تصویر با استفاده از سه روش ذکر شده، نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۳: بهبود شدت روشنایی تصاویر با سه روش

۳-۴-۲- استخراج نواحی مهم چهره

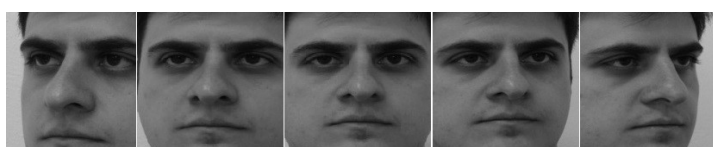
وجود نواحی اطراف چهره در تصاویر چهره، در برخی موارد ممکن است میزان شناسایی را افزایش دهد اما واضح است که با تغییر اندازه و حالت موها و پوشش‌های سر و گردن، میزان شناسایی به شدت افت خواهد کرد. بنابراین استفاده از نواحی اطراف چهره فقط در مواردی می‌تواند مفید باشد که تغییر اندازه و حالت موها و پوشش سر اندک باشد. به منظور حساس نبودن روش پیشنهادی نسبت به تغییرات اطراف چهره، در ادامه پیش‌پردازش دیگری بر روی تصاویر انجام شده است. روش کار بدین صورت است که قسمت صورت هر فرد (حد فاصل پیشانی تا چانه و مابین دو گوش) انتخاب شده و نواحی اطراف دور ریخته شدند. در شکل ۳-۱۴ نمونه‌هایی از تصاویر ورودی به مرحله پیش‌پردازش نشان داده شده است. در شکل ۳-۱۵ نواحی چهره افراد استخراج و نشان داده شده است. شکل ۳-۱۶ تصاویر نرمال شده از نظر اندازه را نشان می‌دهد. این روش باعث بهبود نرخ شناسایی گردید.



شکل ۳-۱۴: نمونه‌هایی از تصاویر ورودی به مرحله پیش‌پردازش



شکل ۳-۱۵: نواحی استخراج شده توسط روش پیشنهادی استخراج چهره



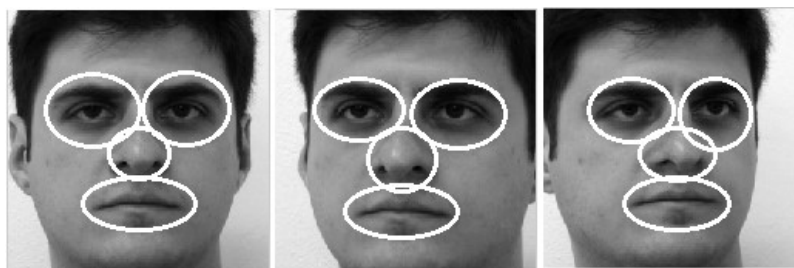
شکل ۳-۱۶: تصاویر نرمال شده از نظر اندازه

استفاده از نواحی مهم چهره (چشم‌ها، بینی و لب‌ها) راه کار جدیدی است که در ادامه ارائه شده است. در این بخش سعی شده است تنها با استفاده از ویژگی‌های بدست آمده در نواحی چشم‌ها، بینی و لب‌ها عمل شناسایی انجام شود. از جمله مزایای استفاده از ویژگی‌های این نواحی، این است که دیگر نیاز به پیش‌پردازش جهت نرمال‌سازی اندازه چهره نیست و به عبارت دیگر زمانی که فقط از این نواحی استفاده شود، یعنی عمل نرمال‌سازی نیز انجام شده است. واضح است که این نواحی بیشترین تاثیر را در تفکیک افراد دارد. بنابراین مزیت دیگر این کار را می‌توان چنین بیان کرد که استفاده تنها از ویژگی‌های بدست آمده از این نواحی، یعنی این‌که از ویژگی‌های موثرتر و کارآمدتر در شناسایی استفاده خواهد شد. شکل ۳-۱۷ نقاط هشت‌گانه استخراج شده که با استفاده از روش ارائه شده در [۳۴] بدست آمده‌اند را در چند تصویر مختلف نشان می‌دهد. این روش در بخش ۳-۲-۱ تشریح شده است.



شکل ۳-۱۷: نقاط هشت‌گانه استخراج شده از چهره

این نقاط در دو طرف هر دو چشم، نوک بینی و دو طرف لب‌ها مشخص شده‌اند. با استفاده از چهار نقطه از نقاط بدست آمده، محدوده‌ای که ویژگی‌ها قرار است از آن‌جا انتخاب شوند، مشخص شده است. شکل ۳-۱۸ این نواحی را نشان داده است.



شکل ۳-۱۸: نواحی موثر در تفکیک افراد

فاصله نقاط استخراج شده توسط توصیفگر SIFT در این نواحی با مراکز هر یک از ناحیه‌ها محاسبه شده و هر نقطه عضو ناحیه‌ای خواهد شد که کمترین فاصله با مرکز آن ناحیه را داشته باشد. علت این امر این است که از ویژگی‌های هر نقطه فقط یک‌بار استفاده شود.

۳-۴-۳- استخراج ویژگی به کمک توصیفگر SIFT

در بخش ۲-۳-۱-۴ توصیفگر SIFT پایه تشریح شد. نحوه تطبیق دو تصویر در این روش مقاومت مناسبی ندارد. در این پایان‌نامه از یک روش تطبیق وابسته به دو پارامتر [۳۷] که به تطبیق Kepernekci معروف است، استفاده شده است. این روش تطبیق نرخ شناسایی را به طور قابل توجه افزایش می‌دهد. تصویر ارزیابی را T و تصویر آموزش را G در نظر می‌گیریم. برای هر بردار ویژگی t از تصویر T مجموعه‌ای مرتبط از بردارهای g از تصویر G مشخص می‌شوند. بردار g با t مرتبط است اگر و فقط اگر:

$$\sqrt{(x_t - x_g)^2 - (y_t - y_g)^2} < distanceThreshold \quad (۱۵-۳)$$

x و y مختصات هر نقطه را در تصویر نشان می‌دهند. اگر بردار t مرتبط نباشد، این بردار از فرآیند مقایسه کنار گذاشته می‌شود. شباهت دو تصویر با استفاده از میانگین شباهت‌های هر جفت از بردارها بدست می‌آید. رابطه (۳-۱۶) شباهت دو تصویر را محاسبه می‌کند. جهت تعیین میزان شباهت بین دو بردار، از معیار شباهت Cosine استفاده شده است (رابطه (۳-۱۷)).

$$Siml_{T,G} = Avg\{S(t,g), t \in T, g \in G\} \quad (۱۶-۳)$$

$$S(A, B) = \frac{A \bullet B}{\|A\| \times \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}} \quad (17-3)$$

تا اینجا، تصویری از گالری که بردارهایش بیشترین شباهت با بردارهای تصویر مورد ارزیابی داشته است، مشخص می‌شود. یکی از دو پارامتر تعیین میزان شباهت نهایی، شباهت دو تصویر با استفاده از رابطه (۱۶-۳) می‌باشد. پارامتر دیگر، نسبت تعداد نقاطی که با نقاط تصویر ارزیابی مرتبط شده‌اند به کل نقاط استخراج شده در تصویر آموزش می‌باشد. نحوه محاسبه این پارامتر در رابطه زیر آمده است.

$$Sim2_{T,G} = \frac{C_G}{N_G} \quad (18-3)$$

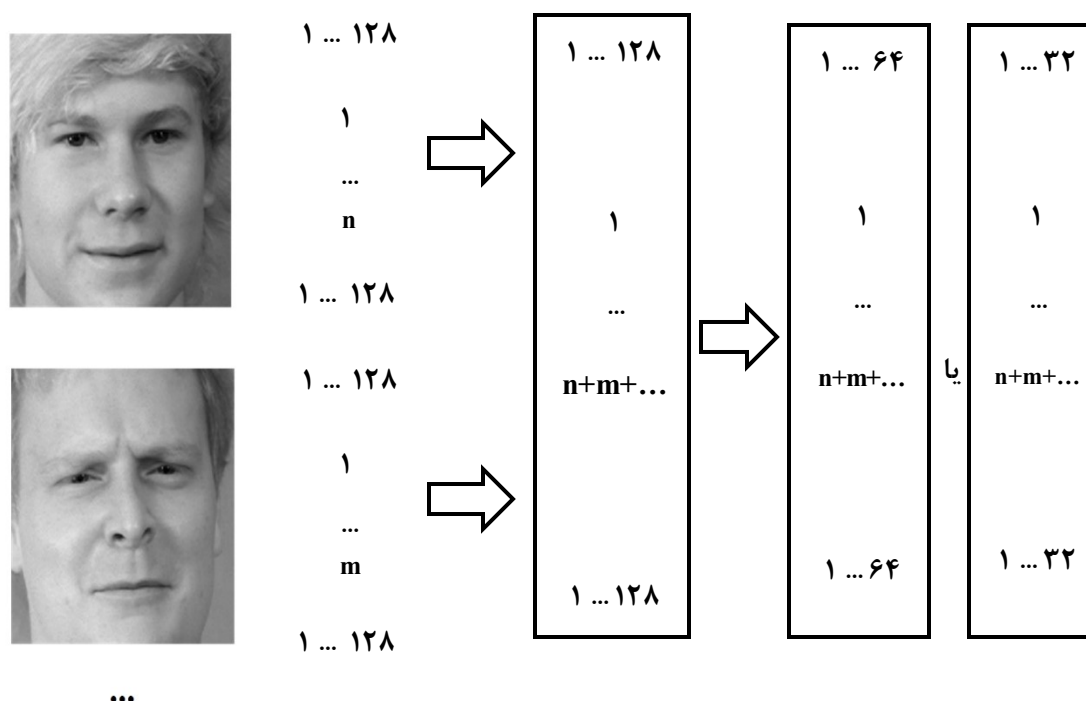
C_G تعداد نقاط مرتبط از تصویر G با تصویر T و N_G تعداد نقاط استخراج شده در تصویر G است. شباهت نهایی با استفاده از جمع وزن دار دو پارامتر ذکر شده محاسبه می‌شود (رابطه (۱۹-۳)). هر چه این مقدار بیشتر باشد، شباهت دو تصویر نیز بیشتر می‌باشد.

$$SimilarityFinal_{T,G} = \alpha.Sim1_{T,G} + \beta.Sim2_{T,G} \quad (19-3)$$

۳-۴-۴- کاهش ابعاد ویژگی‌ها

در ادامه ویژگی‌های استخراج شده توسط SIFT، در نواحی مهم چهره انتخاب می‌شوند و از ویژگی‌هایی که در سایر نقاط صورت استخراج شدند، صرف نظر می‌شود. همانطور که گفته شد توصیفگر SIFT به ازای هر نقطه استخراج شده، توصیفی در قالب برداری به اندازه ۱۲۸ ارائه می‌دهد. به نظر می‌رسد برای توصیف یک نقطه، تمام ۱۲۸ ویژگی موثر نباشند و بتوان با تعداد ویژگی‌های کمتر این توصیف را برای هر نقطه انجام داد و به کارآتر شدن روش در زمان پردازش و حتی افزایش نرخ شناسایی کمک کرد. به منظور کاهش ابعاد ویژگی‌ها از دو روش استفاده شده است. در روش اول از بین ویژگی‌ها به ترتیب ۱۲۸، ۶۴، ۳۲ و ۱۶ ویژگی انتخاب می‌شود و در روش دوم از PCA به منظور کاهش ابعاد ویژگی‌ها

استفاده شده است. PCA که در بخش ۲-۳-۱-۱ شرح داده شد، تعریف ریاضی یک تبدیل خطی متعامد است که داده‌ها را به دستگاه مختصات جدید می‌برد، به طوری که بزرگ‌ترین واریانس داده بر روی اولین محور مختصات، دومین بزرگ‌ترین واریانس بر روی دومین محور مختصات و همین طور برای بقیه انجام می‌شود. این الگوریتم می‌تواند برای کاهش ابعاد داده‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرد و به این ترتیب مولفه‌هایی از مجموعه داده که بیشترین تاثیر در واریانس دارند، حفظ شده و مولفه‌های باقیمانده حذف خواهند شد. در شکل ۳-۱۹ نحوه چینش ویژگی‌ها به منظور اعمال تبدیل PCA بر روی آن‌ها نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۹: نحوه چینش ویژگی‌ها به منظور اعمال PCA بر روی آن‌ها

۳-۵- جمع‌بندی

این فصل به معرفی روش پیشنهادی در استخراج چهره، انتخاب مناسب‌ترین چهره و شناسایی چهره پرداخت. به منظور استخراج تصاویر چهره از روش الگوی باینری محلی چند بلاکی به همراه طبقه‌بند

آبشاری مبتنی بر آدابوست استفاده شد. پس از استخراج تصاویر چهره در هر فریم، تصاویر افراد در گروه مربوط به آن فرد قرار گرفت و در طول هر چند فریم، مناسب‌ترین چهره فرد انتخاب شده و به مرحله شناسایی ارسال گردید. تعیین هویت افراد با استفاده از توصیفگر SIFT در نواحی مهم چهره و هم‌چنین کاهش ابعاد ویژگی‌ها، انجام شد.

فصل چهارم

پیاده سازی و ارزیابی نتایج

۴-۱- مقدمه

روش‌های موجود در استخراج و شناسایی چهره و روش پیشنهادی در فصل‌های قبل معرفی شدند. در این فصل نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی ارائه شده و نشان داده شده این روش در مقایسه با سایر روش‌های موجود از کارایی بالاتری برخوردار است. ابتدای این فصل به بررسی پایگاه‌های داده مورد استفاده پرداخته است. در ادامه نتایج بدست آمده در استخراج و شناسایی چهره ارائه شده است. در نهایت روش پیشنهادی با برخی روش‌های موجود مقایسه گردید.

۴-۲- پایگاه داده

به منظور ارزیابی روش پیشنهادی در شناسایی چهره از سه پایگاه داده FEI [۴۱]، Extended Yale B [۴۲] و ORL [۴۳] استفاده شده است. با انتخاب این پایگاه‌ها سعی شده است روش پیشنهادی تحت شرایط متفاوت و واقعی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۴-۲-۱- FEI

پایگاه داده FEI شامل تصاویر چهره ۲۰۰ نفر و از هر نفر ۱۴ تصویر می‌باشد. تصاویر با چند زاویه متفاوت از ویژگی‌های این پایگاه داده است. در این پایان‌نامه از هر فرد پنج تصویر با زاویه دید متفاوت مطابق شکل زیر انتخاب شده است.

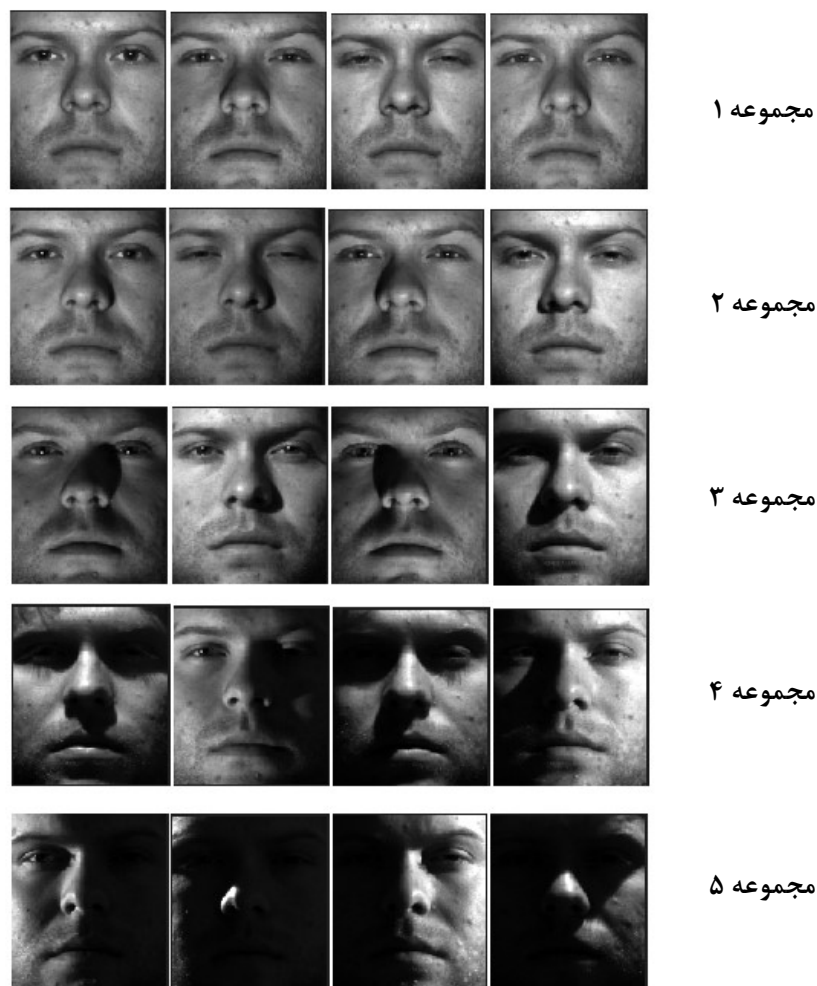


شکل ۴-۱: نمونه هایی از تصاویر موجود در پایگاه FEI

۴-۲-۲- Extended Yale B

پایگاه Extended Yale B شامل تصاویر چهره ۳۸ نفر و از هر نفر ۶۴ تصویر می‌باشد. تصاویر این پایگاه در پنج مجموعه متفاوت از نظر میزان شدت روشنایی قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۲). مجموعه اول شامل

تصاویر با شدت روشنایی مناسب می‌باشد که به تدریج در مجموعه‌های بعدی شدت روشنایی کاهش یافته است. به منظور ارزیابی روش استفاده شده در بهبود شدت روشنایی تصاویر، از این پایگاه داده استفاده شده است.



شکل ۴-۲: تصاویر پایگاه داده Yale B در ۵ مجموعه متفاوت از نظر شدت روشنایی

۴-۲-۳-۴ ORL

به منظور ارزیابی کارایی الگوریتم نسبت به تغییرات زاویه دید و تغییرات حالت چهره و هم‌چنین مقایسه روش پیشنهادی با چند روش موجود، از پایگاه داده ORL استفاده شده است. در این پایگاه داده تصاویر ۴۰ نفر و از هر نفر ۱۰ تصویر موجود است. در شکل زیر چند نمونه از تصاویر موجود در این پایگاه داده نشان داده شده است.



شکل ۴-۳: چند نمونه از تصاویر موجود در پایگاه داده ORL

۴-۳- پیاده‌سازی

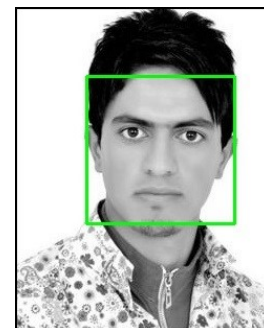
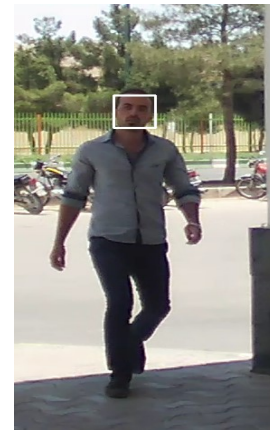
روش پیشنهادی به زبان C# و به کمک توابع پردازش تصویر در کتابخانه OpenCV و EmguCV و AForge نوشته شده است. به منظور استخراج تصاویر چهره از فایل XML حاوی چهره‌های آموزش دیده که OpenCV آن را ارائه کرده است، استفاده شده است [۱۵]. سایر بخش‌ها به جزء استخراج نقاط هشت‌گانه که با زبان C++ می‌باشد [۴۴]، به زبان C# نوشته شده‌اند.

۴-۴- ارزیابی نتایج

به منظور ارزیابی روش پیشنهادی در استخراج چهره، تصاویر چهره در چند تصویر ورودی استخراج شده است. در ادامه در چند فریم ویدیو پس از استخراج تصاویر چهره، افراد مختلف تفکیک شدند. سپس از بین چند تصویر با شرایط متفاوت مناسب‌ترین چهره انتخاب شده است. در نهایت روش پیشنهادی در شناسایی بر روی پایگاه‌های داده ذکر شده مورد ارزیابی قرار گرفت و نشان داده شد که این روش در برابر تغییرات متفاوت مقاوم می‌باشد و نسبت به سایر روش‌های موجود کارا تر است.

۴-۴-۱- نتایج بدست آمده در استخراج تصاویر چهره

به منظور ارزیابی روش پیشنهادی در استخراج چهره، تصاویر چهره در چند تصویر با شرایط متفاوت و تعداد افراد مختلف استخراج شده است. این تصاویر در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۴-۴: استخراج تصاویر چهره در چند تصویر با شرایط متفاوت

روش پیشنهادی در استخراج چهره بر روی ۵۰ تصویر در شرایط واقعی که شامل ۱۷۸ چهره بود، آزمایش شده است که نشان می‌دهد روش پیشنهادی به دقت ۹۵ درصدی رسیده است.

۴-۴-۲- نتایج بدست آمده در تفکیک افراد

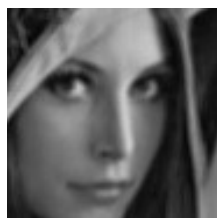
در هر چند فریم متوالی در ویدیو، تصاویر چهره افراد مختلف تفکیک شده است. شکل زیر نتایج بدست آمده در این بخش را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵: تفکیک افراد در چند فریم متوالی

۴-۴-۳- نتایج بدست آمده در انتخاب مناسب‌ترین چهره

در این بخش از بین چند تصویر ورودی، مناسب‌ترین چهره انتخاب شده است. شکل زیر نتایج بدست آمده را نشان می‌دهد.



۳,۰۱



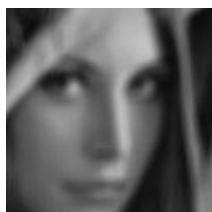
۳,۱۶



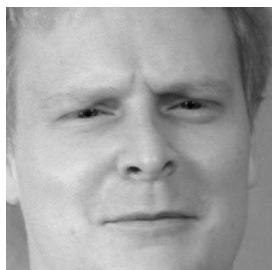
۲,۳۲



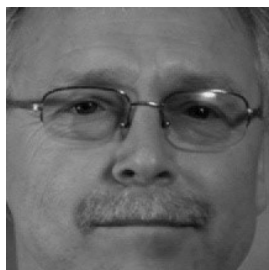
۳,۳



۲,۸۵



۳,۳۱



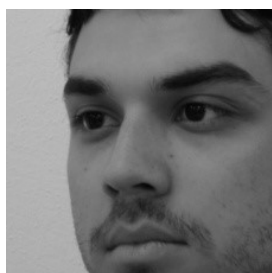
۳,۳۹



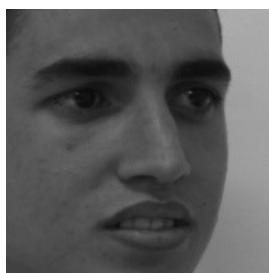
۳,۹۲



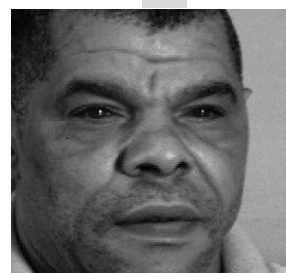
۳,۱۹



۲,۵۷



۲,۹۷



۳,۰۳

شکل ۴-۶: امتیازات نهایی جهت انتخاب مناسب ترین چهره

۴-۴-۴- نتایج بدست آمده در شناسایی چهره

در نهایت روش پیشنهادی در شناسایی چهره بر روی پایگاه‌های داده ذکر شده مورد ارزیابی قرار گرفت و نشان داده شد که این روش در برابر تغییرات متفاوت مقاوم می‌باشد. در قسمت (الف) نشان داده شده است که ترکیب ویژگی‌های SIFT و SURF نمی‌تواند راه کار مناسبی به خصوص در تصاویر کیفیت نامناسب باشد. در بخش (ب) روش استفاده شده در بهبود شدت روشنایی تصاویر مورد ارزیابی قرار گرفت. در بخش (ج) استفاده از نواحی مهم چهره در مقابل استفاده از تمام نواحی چهره مورد ارزیابی و

مقایسه قرار گرفت. در بخش (د) تاثیر کاهش ابعاد ویژگی‌ها بر نرخ شناسایی و سرعت سیستم نشان داده شده است و در بخش انتهایی، روش پیشنهادی با چند روش دیگر مقایسه گردید.

الف) مقایسه روش SIFT با SIFT/SURF

در فصل قبل بیان شد روش SIFT نسبت به ترکیب ویژگی‌های SIFT و SURF در تصاویر کیفیت نامناسب نتایج مناسب‌تری دارد. جدول زیر این گفته را تایید می‌کند. این نتایج بر روی پایگاه داده FEI انجام شده است. در مرحله آموزش یک تصویر از هر فرد و در مرحله ارزیابی پنج تصویر مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۴-۱: میزان شناسایی بر روی پایگاه داده FEI با دو روش SIFT و SIFT/SURF

روش تعداد افراد	کیفیت نامطلوب (۱۰۰×۱۰۰)		کیفیت مطلوب (۲۵۰×۲۵۰)	
	SIFT	SIFT/SURF	SIFT	SIFT/SURF
۲۵	۹۰	۷۷٫۶	۹۰٫۵	۹۱٫۸
۵۰	۸۴٫۶	۷۴٫۴	۸۴٫۲	۸۵٫۳
۱۰۰	۸۱٫۶	۷۲٫۸	۸۲٫۵	۸۳٫۲
۲۰۰	۸۰٫۲	۷۰٫۱	۸۰٫۶	۸۱٫۴

جهت ارزیابی دو روش SIFT و SIFT/SURF بر روی تصاویر با کیفیت نامطلوب این تصاویر در اندازه ۱۰۰×۱۰۰ تغییر اندازه داده شدند. نکته دیگری که باید ذکر کرد این است که حتی در تصاویر با کیفیت مناسب‌تر هم ممکن است روش SIFT/SURF نتایج مناسبی نداشته باشد، زیرا هنگامی که قرار است ویژگی‌های بدست آمده از SIFT و SURF را در نقاط مشترک در نظر بگیریم، لازم است برای هر یک از این دو روش، نقاط بیشتر و البته ناپایدارتر اختیار کرد تا در هنگام تطبیق، تعداد نقاط مشترک کافی وجود داشته باشد. این امر باعث خواهد شد که برخی از نقاط که پایداری کمتری دارند و فقط به علت این که توسط دو روش به عنوان نقاط پایدار شناسایی شده‌اند، به عنوان نقاط مشترک در نظر گرفته

شوند و نقاط پایدارتری که توسط یکی از روش‌ها به عنوان نقاط پایدار تشخیص داده شده‌اند، دور ریخته شوند. بنابراین این روش بر روی تصاویر کیفیت بالا نیز می‌تواند باعث کاهش میزان شناسایی گردد.

(ب) ارزیابی روش استفاده شده در بهبود شدت روشنایی تصاویر

به منظور ارزیابی روش استفاده شده در بهبود شدت روشنایی تصاویر، از پایگاه داده Yale B استفاده شده است. تصاویر مجموعه اول در مرحله آموزش و تصاویر مجموعه ۳، ۴ و ۵ در مرحله ارزیابی استفاده شدند. جدول ۲-۴ نرخ شناسایی قبل و بعد از بهبود شدت روشنایی تصاویر را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد بهبود شدت روشنایی تصاویر، نرخ شناسایی را افزایش خواهد داد.

جدول ۲-۴: نرخ شناسایی قبل و بعد از بهبود شدت روشنایی تصاویر

	قبل از پیش پردازش	بعد از پیش پردازش
آموزش تست	مجموعه ۱	مجموعه ۱
مجموعه ۳	۸۷,۱	۹۰,۲
مجموعه ۴	۴۷,۵	۵۸,۷
مجموعه ۵	۴۵,۲	۵۷,۲

(ج) استفاده از نواحی مهم چهره در مقایسه با استفاده از تمام نواحی چهره

در جدول ۳-۴ نشان داده شده است که محدود کردن نواحی چهره، به چه اندازه در میزان شناسایی تاثیرگذار بوده است. میزان شناسایی با استفاده از روش تطبیق Kepenekci بر روی ویژگی‌های SIFT [۳۷] و استفاده از پایگاه داده FEI بدست آمده است. تصویر انتخابی جهت آموزش، هنگامی که از هر فرد یک چهره در مرحله آموزش موجود است، تصویر میانی شکل ۴-۱ است و هنگامی که سه چهره از هر فرد در مرحله آموزش موجود است، تصاویر سمت چپ، میانی و سمت راست شکل ۴-۱ انتخاب شدند و در مرحله ارزیابی از هر پنج تصویر افراد استفاده شده است.

جدول ۳-۴: میزان شناسایی بر روی پایگاه داده FEI با پیش پردازش و بدون پیش پردازش اندازه تصاویر

آموزش تعداد افراد	بدون پیش پردازش		با پیش پردازش	
	۱ تصویر	۳ تصویر	۱ تصویر	۳ تصویر
۲۵	۹۰,۵	۱۰۰	۹۴,۴	۱۰۰
۵۰	۸۴,۲	۹۹,۶	۹۰,۸	۱۰۰
۱۰۰	۸۲,۵	۹۹	۸۶,۶	۱۰۰
۲۰۰	۸۰,۵	۹۸,۲	۸۴,۹	۹۹,۴

در جدول ۴-۴ نشان داده شده است که استفاده از این نواحی نه تنها میزان شناسایی را نسبت به تصاویر نرمال نشده (بدون پیش پردازش) افزایش می دهد، بلکه نسبت به تصاویر نرمال شده (با پیش پردازش) نیز میزان شناسایی افزایش یافته است.

جدول ۴-۴: میزان شناسایی بر روی پایگاه داده FEI با استفاده از نواحی مهم چهره در مقایسه با تصاویر نرمال شده و غیر نرمال

آموزش تعداد افراد	غیر نرمال	نرمال شده	نواحی مهم چهره
	۱ تصویر	۱ تصویر	۱ تصویر
۲۵	۹۰,۵	۹۴,۴	۹۶
۵۰	۸۴,۲	۹۰,۸	۹۱,۸
۱۰۰	۸۲,۵	۸۶,۶	۸۸,۶
۲۰۰	۸۰,۵	۸۴,۹	۸۶,۱

(د) تاثیر استفاده از ابعاد کمتر ویژگی ها در نرخ شناسایی

برای توصیف هر نقطه بدست آمده توسط SIFT، بردار ویژگی ای با ابعاد ۱۲۸ بدست آمده است. این میزان ابعاد جهت توصیف یک نقطه بسیار زیاد است. ابعاد این ویژگی ها با دو روش انتخاب ویژگی و تبدیل PCA کاهش یافت. جدول ۵-۴ نشان داده است که با ابعاد کمتر نیز نتایج مناسبی در شناسایی

بدست آمده است. این آزمایش بر روی پایگاه داده FEI با دو وضوح متفاوت و از هر فرد یک تصویر در مرحله آموزش و پنج تصویر در مرحله ارزیابی استفاده شده است.

جدول ۴-۵: کاهش ابعاد ویژگی ها

		کیفیت نامطلوب (۱۰۰×۱۰۰)		کیفیت مطلوب	
تعداد افراد	ابعاد ویژگی ها	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰
۱۲۸	انتخاب ویژگی	۹۱,۲	۸۹	۹۲,۳	۸۹,۵
	PCA	۹۲	۹۰,۱	۹۳,۲	۹۰,۸
۶۴	انتخاب ویژگی	۹۰,۵	۸۸,۳	۹۱,۶	۸۸,۱
	PCA	۹۱,۹	۸۹,۴	۹۲,۴	۸۹,۸
۳۲	انتخاب ویژگی	۹۰,۲	۸۷,۸	۹۰,۹	۸۸,۳
	PCA	۹۰,۸	۸۸,۸	۹۱,۶	۸۹
۱۶	انتخاب ویژگی	۸۲	۸۱,۴	۸۶	۸۵
	PCA	۸۲,۴	۸۱,۵	۸۶,۴	۸۵,۶

با دقت به جدول فوق، به نظر می‌رسد که روش انتخاب ویژگی که روش ساده و سریعی است، نتایج مناسبی دارد. دلیل دقت مناسب آن در این پایان‌نامه، تاثیر بسیار زیاد معیار دومی است که در تعیین میزان شباهت دو تصویر استفاده شده است. به عبارت دیگر شباهت بردارهای افراد، نزدیک به هم می‌باشد و معیار دوم این اختلاف‌ها را افزایش داده است.

ه) مقایسه روش پیشنهادی با چند روش موجود

به منظور ارزیابی کارایی الگوریتم نسبت به تغییرات زاویه دید و تغییرات حالت چهره و همچنین مقایسه روش پیشنهادی با چند روش موجود از پایگاه داده ORL استفاده شده است. پنج تصویر در مرحله آموزش و از تمام ده تصویر در مرحله ارزیابی استفاده شده است. نتایج جدول ۴-۶ نشان می‌دهد روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌ها کاراتر می‌باشد.

جدول ۴-۶: مقایسه روش پیشنهادی با چند روش بر روی پایگاه ORL

آموزش روش‌ها	۵ تصویر
Gauss-Laguerre [45]	۹۰
Local Gabor [45]	۹۲,۵
SIFT-Kepenekci [37]	۹۷,۹
2D Gabor [45]	۹۹
Proposed Method	۹۹,۵

با این که روش SIFT-Kepenekci [۳۷] بر روی پایگاه ORL جواب مناسبی دارد اما بر روی بیشتر پایگاه‌های داده مانند FEI و Yale B که تغییرات شدت روشنایی و یا پوشش‌هایی مانند کلاه وجود دارد، این روش نسبت به روش پیشنهادی کارایی مناسبی نخواهد داشت. هم‌چنین روش‌هایی که از فیلترهای گابور استفاده می‌کنند از لحاظ زمان محاسبات معمولاً کند هستند. ضمن اینکه با کاهش ابعاد ویژگی‌ها سرعت روش پیشنهادی به مراتب بیشتر از این روش‌ها می‌باشد.

و) ارزیابی زمانی بخش‌های مختلف روش پیشنهادی

در این بخش، قسمت‌های مختلف روش پیشنهادی از نظر زمان محاسبات مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. ویژگی‌های سیستم مورد استفاده در زیر آمده است.

CPU: Core i7 4702MQ 2.2 GHz RAM: 6GB Windows 8.1 x64

در جدول ۴-۷ مدت زمان اجرای الگوریتم جهت استخراج چهره افراد در دو تصویر با اندازه‌های متفاوت، نشان داده شده است.

جدول ۴-۷: ارزیابی زمانی روش پیشنهادی در استخراج چهره

مدت زمان اجرا (میلی ثانیه)	وضوح تصویر
۳۱۰	۱۹۲۰×۱۰۸۰
۵۳	۶۴۰×۴۸۰

در ادامه روش پیشنهادی در انتخاب مناسب‌ترین چهره از هر فرد، از نظر زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. تصاویر در اندازه 70×70 می‌باشند. جدول ۴-۸ مدت زمان اجرای روش پیشنهادی در این بخش را نشان داده است.

جدول ۴-۸: ارزیابی زمانی روش پیشنهادی در انتخاب مناسب‌ترین چهره

تعداد افراد	تعداد تصاویر مورد مقایسه	مدت زمان اجرا (میلی ثانیه)
۲	۲۰	۸۸۰
۲	۱۹	۷۹۲
۱	۹	۴۹۵
۱	۷	۳۲۷
۱	۴	۱۸۵

در انتها روش پیشنهادی در شناسایی چهره از نظر مدت زمان محاسبات مورد ارزیابی قرار گرفت. در این ارزیابی، تعداد نقاط استخراج شده به کمک توصیفگر SIFT و تعداد تصاویر آموزشی متفاوت می‌باشد. اندازه تصاویر چهره در مرحله آموزش 130×130 و اندازه تصاویر چهره در مرحله ارزیابی 70×70 می‌باشند. جدول ۴-۹ نتایج بدست آمده را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۹: ارزیابی زمانی روش پیشنهادی در شناسایی چهره

تعداد تصاویر در مرحله آموزش	تعداد نقاط استخراج شده به کمک توصیفگر SIFT در تمام نواحی چهره	تعداد نقاط استخراج شده به کمک توصیفگر SIFT در نواحی مهم چهره	مدت زمان اجرا (میلی ثانیه)
۱۰	۵۵	۳۰	۱۶۰
۱۰	۳۰	۱۹	۵۷
۲۰	۵۳	۲۹	۲۵۲
۲۰	۳۱	۱۹	۱۲۶

در این قسمت روش پیشنهادی از نظر مدت زمان اجرا مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به جداول فوق، انتخاب مناسب‌ترین چهره بیشترین زمان اجرای الگوریتم را به خود اختصاص داده است.

۴-۵- جمع‌بندی

در این فصل روش پیشنهادی در استخراج و شناسایی چهره مورد ارزیابی قرار گرفت. نشان داده شده است که روش استفاده شده در استخراج تصاویر چهره در شرایط متفاوت، تصاویر چهره را به خوبی استخراج می‌کند. در ادامه تفکیک افراد در چند فریم ویدیو نشان داده شد و انتخاب مناسب‌ترین چهره با استفاده از چهار ویژگی زاویه دید، میزان روشنایی، میزان تاری و وضوح تصویر، انجام شده است. سپس به منظور ارزیابی روش پیشنهادی در شناسایی، از سه پایگاه داده Extended Yale B، FEI و ORL که براساس شرایط متفاوت نوری، چرخش‌های عمقی و حالات مختلف چهره ساخته شده‌اند، استفاده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از برتری روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌هایی که سعی در شناسایی تحت شرایط مختلف را دارند، می‌باشد. در نهایت روش پیشنهادی از لحاظ مدت زمان اجرا نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری

در این پایان نامه، تشخیص چهره در تصاویر ویدیویی در درگاه‌های ورودی مورد بررسی قرار گرفته است. تشخیص چهره عموماً به دو بخش استخراج چهره و شناسایی چهره تقسیم می‌شود. در بخش استخراج چهره هدف استخراج نواحی چهره در تصاویر ورودی است. ساده‌ترین روش‌های استخراج چهره، با استفاده از حذف پس‌زمینه نواحی چهره را استخراج می‌کنند. برخی روش‌ها در تصاویر رنگی، از رنگ پوست به عنوان ویژگی برای استخراج چهره استفاده می‌کنند. برخی روش‌های استخراج چهره به خصوص در ویدیو، با استفاده از روش تفریق فریم عمل استخراج چهره را انجام می‌دهند. برخی از روش‌ها نیز از ترکیب روش‌های فوق استفاده می‌کنند. این روش‌ها در برابر شرایط واقعی بسیار ناکارآمد هستند. به این منظور از روش‌های استخراج بر پایه یادگیری که در شرایط واقعی کارایی مناسبی دارند، استفاده شده است. روش الگوی باینری محلی چند بلاکی به همراه طبقه‌بند آبخاری مبتنی بر آداپوست نامتقارن روشی است که در این پایان نامه به منظور استخراج تصاویر چهره مورد استفاده قرار گرفت. علت انتخاب این روش سرعت بسیار بالا و دقت مناسب آن می‌باشد.

در تصاویر ویدیویی به دلیل نیاز به بلادرنگ بودن نمی‌توان تمام تصاویر چهره در هر فریم را به مرحله شناسایی ارسال کرد. مناسب‌ترین کار استفاده از اطلاعات موجود در چند فریم به منظور شناسایی بهتر می‌باشد. روش‌های مختلفی از جمله روش‌های زمانی، زمانی - مکانی، مدل‌سازی سه بعدی، تفکیک‌پذیری بالا، مدل‌سازی منیفولد و انتخاب فریم به منظور استفاده از اطلاعات چند فریم وجود دارند. در این پایان نامه از روش انتخاب فریم استفاده شده است. دلیل استفاده از این روش، نیاز به بلادرنگ بودن سیستم و جلوگیری از مشکلات احتمالی در رابطه با ورود افراد در فریم‌های مختلف می‌باشد. در هر چند فریم، تصاویر چهره افراد مختلف تفکیک می‌شود و پس از هر چند فریم، مناسب‌ترین چهره هر فرد انتخاب شده و به مرحله شناسایی ارسال می‌گردد. مناسب‌ترین چهره از هر فرد با استفاده از چهار پارامتر زاویه دید، میزان شدت روشنایی، میزان تاری و وضوح تصویر انتخاب شده است.

در مرحله شناسایی به دلیل وجود مشکلاتی نظیر تغییرات زاویه دید، شدت روشنایی‌های متفاوت، حالات مختلف چهره، پوشش‌های ناحیه‌ای چهره، تغییر مقیاس، نیاز به بلادرنگ بودن و کیفیت پایین تصاویر در ویدیو لازم است روشی انتخاب شود که در برابر این مشکلات مقاومت بیشتری داشته باشد. روش‌های شناسایی چهره را می‌توان در سه دسته کلی قرار داد. روش‌های هندسی که از ویژگی‌های هندسی چهره مانند فاصله دو چشم، طول و عرض بینی و اندازه دهان استفاده می‌کنند. این روش‌ها در مقابل تغییراتی هم‌چون تغییرات زاویه دید و حالت چهره مقاوم نیستند و نرخ شناسایی حتی با تغییرات اندک در زاویه دید و یا حالت چهره بشدت افت خواهد کرد. روش‌های ظاهری یا عمومی کل تصویر ورودی را به یک‌باره مورد پردازش قرار می‌دهند و با انتقال تصویر از فضایی با بُعد بالا به فضایی با بُعد پایین، عمل تشخیص هویت را انجام می‌دهند. روش‌های عمومی به دلیل مقاومت پایین در برابر برخی از این تغییرات مانند پوشش‌های ناحیه‌ای، نمی‌توانند روش مناسبی به منظور شناسایی در تصاویر ویدیویی قرار گیرند. روش‌های محلی به استخراج ویژگی‌های مشخص و معنایی مانند بینی، چشم‌ها یا دهان می‌پردازند و سپس براساس رابطه‌ای که بین این اجزا وجود دارد، هویت فرد را تشخیص می‌دهند. این روش‌ها برخلاف روش‌های عمومی از ویژگی‌های ناحیه‌ای چهره در الگوریتم شناسایی استفاده می‌کنند. از میان روش‌های محلی نیز روشی مناسب است که بتواند از تصاویر ویدیو که دارای کیفیت نسبتاً نامناسب هستند، ویژگی‌های مقاومی استخراج کند. البته برخی روش‌ها نیز وجود دارند که سعی در ترکیب روش‌های عمومی و محلی دارند.

به منظور مقاومت بیشتر روش پیشنهادی نسبت به تغییرات شدت روشنایی از پیش‌پردازشی بر روی تصاویر ورودی به این مرحله استفاده شده است. به منظور مقاومت روش نسبت به پوشش‌های سر و گردن از ویژگی‌های موجود در نواحی مهم چهره مانند چشم‌ها، بینی و دهان استفاده می‌شود. به منظور مقاومت روش نسبت به چرخش‌های عمقی و تغییرات زاویه دید و حالات چهره، استخراج ویژگی با استفاده از توصیفگر SIFT انجام شده است. ویژگی‌های استخراجی توسط این توصیفگر در برابر

تغییرات فوق مقاومت مناسبی دارند. در انتها به منظور افزایش سرعت، ابعاد این ویژگی‌ها کاهش یافت. نتایج بدست آمده بر روی پایگاه‌های داده ORL، Extended Yale B و FEI نشان می‌دهد روش پیشنهادی کارایی بالاتری نسبت به روش‌های موجود که سعی در شناسایی تحت شرایط واقعی داشته‌اند، را دارد. در پایان نوآوری‌هایی که در این پایان‌نامه انجام شده در زیر آمده است.

- استفاده تنها از نواحی مهم چهره مانند چشم‌ها، بینی و دهان به دلیل وجود اطلاعات بسیار موثرتر در این نواحی
- کاهش ابعاد ویژگی‌ها به منظور افزایش سرعت سیستم
- تعیین دقیق‌تر میزان شدت روشنایی تصاویر
- انتخاب الگوریتم‌های کارا و ترکیب بخش‌های مختلف مانند استخراج چهره، تفکیک افراد و انتخاب مناسب‌ترین چهره از هر فرد، تعیین نواحی مهم چهره، پیش‌پردازش به منظور بهبود شدت روشنایی، استخراج ویژگی‌های مقاوم به کمک توصیفگر SIFT و کاهش ابعاد داده‌ها را می‌توان به عنوان بزرگترین نوآوری این پایان‌نامه بیان کرد.

۵-۲- پیشنهادها

در این بخش چند پیشنهاد به عنوان ادامه کار سیستم تشخیص چهره که برخی از آن‌ها مربوط به شناسایی در تصاویر ویدیویی است، مطرح شده است. این پیشنهادها در زیر آمده است.

- استفاده از تکنیک خوشه‌بندی بر روی گالری تصاویر به منظور افزایش سرعت و مقاومت سیستم در برابر افزایش تعداد افراد موجود در گالری
- استفاده از روش مقاوم‌تر به منظور تخمین زاویه دید چهره
- ارائه روشی مناسب‌تر به منظور استفاده از مزایای تشخیص چهره ویدیویی
- نگاشت ویژگی‌های SIFT به فضای دیگر به منظور مقاومت بیشتر در برابر تصاویر کیفیت پایین

- [1] Barr J.R., Bowyer K.W., Flynn P.J. and Biswas S., (2012), "Face Recognition from Video: A Review", *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 26(05).
- [2] Wei X., Li C.-T. and Hu Y. (2013), "Face Recognition with Occlusion Using Dynamic Image-to-Class Warping (Dicw)", Automatic Face and Gesture Recognition (FG), 10th IEEE International Conference and Workshops, pp 1-6.
- [3] Min R., Hadid A. and Dugelay J. (2011), "Improving the Recognition of Faces Occluded by Facial Accessories", Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops, 2011 IEEE International Conference, pp 442-447.
- [4] Han H., Shan S., Chen X. and Gao W., (2013), "A Comparative Study on Illumination Preprocessing in Face Recognition", *Pattern Recognition*, Vol. 46 (6), pp 1691-1699.
- [5] Cho H., Roberts R., Jung B., Choi O. and Moon S., (2014), "An Efficient Hybrid Face Recognition Algorithm Using Pca and Gabor Wavelets", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 11 (59), pp 1-8.
- [6] Patel V.M., Wu T., Biswas S., Phillips P.J. and Chellappa R., (2012), "Dictionary-Based Face Recognition under Variable Lighting and Pose", *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, Vol. 7 (3), pp 954-965.
- [7] Chen Y.-C., Patel V.M., Phillips P.J. and Chellappa R., (2012), "Dictionary-Based Face Recognition from Video", In: "Computer Vision—Eccv 2012", Springer, pp. 766-779.
- [8] Li P., Ai H., Li Y. and Huang C. (2007), "Video Parsing Based on Head Tracking and Face Recognition", Proceedings of the 6th ACM international conference on Image and video retrieval, pp 57-64.
- [9] Störing M. (2004), "Computer Vision and Human Skin Colour", Citeseer.
- [10] Stoerring M., Andersen H.J. and Granum E. (1999), "Skin Colour Detection under Changing Lighting Conditions", 7th Symposium on Intelligent Robotics systems.
- [11] Motion Detection WEB Site: http://www.ansatt.hig.no/erikh/papers/hig98_6/node2.html (Accessed 01/03/2015).
- [12] Darrell T., Gordon G., Harville M. and Woodfill J., (2000), "Integrated Person Tracking Using Stereo, Color, and Pattern Detection", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 37 (2), pp 175-185.
- [13] Rowley H.A., Baluja S. and Kanade T., (1998), "Neural Network-Based Face Detection", *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, Vol. 20 (1), pp 23-38.
- [14] Viola P. and Jones M.J., (2004), "Robust Real-Time Face Detection", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 57 (2), pp 137-154.

- [15] Opencv WEB Site: http://docs.opencv.org/doc/user_guide/ug_traincascade.html (Accessed 06/12/2014).
- [16] Emgu Cv WEB Site: http://www.emgu.com/wiki/index.php/Face_detection (Accessed 12/12/2014).
- [17] Lienhart R. and Maydt J. (2002), "An Extended Set of Haar-Like Features for Rapid Object Detection", Image Processing International Conference, pp 900-903 vol. 901.
- [18] Liao S., Zhu X., Lei Z., Zhang L. and Li S.Z., (2007), "*Learning Multi-Scale Block Local Binary Patterns for Face Recognition*", In: "*Advances in Biometrics*", Springer, pp.828-837.
- [19] Pietikäinen M., Hadid A., Zhao G. and Ahonen T., (2011), "*Local Binary Patterns for Still Images*", In: "*Computer Vision Using Local Binary Patterns*", Springer, pp. 13-47.
- [20] Phillips P.J., Grother P. and Micheals R., (2011), "*Evaluation Methods in Face Recognition*", Springer.
- [21] Brunelli R. and Poggio T. (1992), "Face Recognition through Geometrical Features", Computer Vision—ECCV'92, pp 792-800.
- [22] Shakhnarovich G. and Moghaddam B., (2011), "*Face Recognition in Subspaces*", In: "*Handbook of Face Recognition*", Springer, pp. 19-49.
- [23] Garcia C., Zikos G. and Tziritas G. (1998), "A Wavelet-Based Framework for Face Recognition", Int. Workshop on Advances in Facial Image Anal. Recognition Technology, 5th European Conf. Computer Vision.
- [24] Ahonen T., Hadid A. and Pietikäinen M., (2004), "*Face Recognition with Local Binary Patterns*", In: "*Computer Vision-Eccv 2004*", Springer, pp. 469-481.
- [25] Vinay K. and Shreyas B. (2006), "Face Recognition Using Gabor Wavelets", Signals Systems and Computers, Fortieth Asilomar Conference, pp 593-597.
- [26] Luo J., Ma Y., Takikawa E., Lao S., Kawade M. and Lu B.-L. (2007), "Person-Specific Sift Features for Face Recognition", Acoustics, Speech and Signal Processing, 2007 IEEE International Conference, pp 593-596.
- [27] Bay H., Tuytelaars T. and Van Gool L., (2006), "*Surf: Speeded up Robust Features*", In: "*Computer Vision–Eccv 2006*", Springer, pp. 404-417.
- [28] Lowe D.G., (2004), "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 60 (2), pp 91-110.
- [29] Cootes T.F., Wheeler G.V., Walker K.N. and Taylor C.J., (2002), "View-Based Active Appearance Models", *Image and vision computing*, Vol. 20 (9), pp 657-664.
- [30] Starner T., Weaver J. and Pentland A., (1998), "*A Wearable Computer Based American Sign Language Recognizer*", In: "*Assistive Technology and Artificial Intelligence*", Springer, pp. 84-96.
- [31] Nasrollahi K. and Moeslund T.B., (2011), "Extracting a Good Quality Frontal Face Image from a Low-Resolution Video Sequence", *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, Vol. 21 (10), pp 1353-1362.

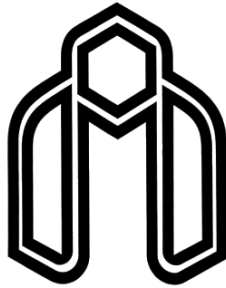
- [32] Nasrollahi K. and Moeslund T.B., (2008), "*Face Quality Assessment System in Video Sequences*", In: "*Biometrics and Identity Management*", Springer, pp. 10-18.
- [33] Gourier N., Maisonnasse J., Hall D. and Crowley J.L., (2007), "*Head Pose Estimation on Low Resolution Images*", In: "*Multimodal Technologies for Perception of Humans*", Springer, pp. 270-280.
- [34] Uříčář M., Franc V. and Hlaváč V., (2012), "Detector of Facial Landmarks Learned by the Structured Output Svm", *VISAPP, Vol.* pp 547-556.
- [35] Krizaj J., Struc V. and Pavesic N. (2010), "Adaptation of Sift Features for Face Recognition under Varying Illumination", MIPRO, 2010 Proceedings of the 33rd International Convention, pp 691-694.
- [36] Lenc L. and Král P. (2013), "A Combined Sift/Surf Descriptor for Automatic Face Recognition", Sixth International Conference on Machine Vision (ICMV 13), pp 672-676.
- [37] Lenc L. and Král P., (2012), "*Novel Matching Methods for Automatic Face Recognition Using Sift*", In: "*Artificial Intelligence Applications and Innovations*", Springer, pp. 254-263.
- [38] Biomedical Imaging Group WEB Site: <http://bigwww.epfl.ch/sage/soft/localnormalization/> (Accessed 25/11/2014).
- [39] Shi Y., Yang J. and Wu R. (2007), "Reducing Illumination Based on Nonlinear Gamma Correction", 2007 IEEE International Conference on Image Processing.
- [40] Hassanpour H. and Ghadi A.R., (2013), "Image Enhancement Via Reducing Impairment Effects on Image Components", *International Journal of Engineering-Transactions B: Applications, Vol.* 26 (11), pp 1267.
- [41] Fei Database WEB Site: <https://data.fei.org/Default.aspx> (Accessed 01/11/2014).
- [42] Extended Yale B Database WEB Site: <http://vision.ucsd.edu/~leekc/ExtYaleDatabase/ExtYaleB.html> (Accessed 10/10/2014).
- [43] OrL Database WEB Site: <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html> (Accessed 14/07/2014).
- [44] Facial Landmark WEB Site: <http://cmp.felk.cvut.cz/~uricamic/flandmark/> (Accessed 2014/10/12).
- [45] Lai K., Poursaberi A. and Yanushkevich S. (2014), "One-Shot Facial Feature Extraction Based on Gauss-Laguerre Filter", Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2014 IEEE 27th Canadian Conference, pp 1-6.

Abstract

The person recognition in video can be determined by a face recognition system. Using face recognition system at the entrance gate can be reduced violation and increased security. Face recognition in real-time scenarios is mainly affected by illumination variations, facial expression, pose variations, occlusion, scale variations, poor quality of the images and real-time system. Making the system robust to these problems is very difficult. Existing methods was focused on one of the above problems. Although the results is very good but they aren't robust to other problems, so they are useless in real world.

The purpose of this thesis is determine the identity of person in video entrance gate in real world. In this thesis, is present a real-time and robust method in different lighting, facial expressions, pose and scale variation, occlusion and poor quality of the images. In the first step video records from the camera, and the using local binary patterns and cascade classifier based on Adaboost Asymmetrical for face extraction. In the next step, to choose the most appropriate faces, for of each person the extraction and separation of each individual face images. Select the most appropriate person is done to help four features, pose, illumination, blurring and resolution. After receiving a frame, the choice of the individual images are sent to the phase identification. In the phase identification using SIFT descriptor for feature extraction of prominent areas such as the eyes, nose and mouth are done and the size of these features is reduced. Finally identification is done with the help matching the features of input image with the features of images in the gallery. Experimental results on three databases Extended Yale B (illumination variation), FEI (pose variation) and ORL (facial expression and pose variation), indicating the superiority of the proposed method over other methods that attempt to identify individuals under different circumstances.

Keywords: Video Sequence, Entrance Gate, Face Detection, Face Recognition, Real-Time System, SIFT Descriptor



Shahrood University

Faculty of Computer Engineering and IT

Department of Artificial Intelligence

Face Recognition in Entrance Gate Video Recordings

Omid Kohansal

Supervisor:

Prof. Hamid Hassanpour

Advisor:

Eng. Ali Sebti

Jan, 2015