بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه الزهرا(س)

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشتهٔ مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی

عنوان

تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی

اساتید راهنما

دکتر بهروز قلی زاده

دکتر رضا عزمی

دانشجو

شادی نوروزی فر

اسفند ۱۳۹۱

کلیه دستاوردهای ناشی از تحقیق فوق متعلق به دانشگاه الزهرا (س) است.

تقدیم به

مادر عزیزم که وجودش برایم همه مهر است و وجودم برایش همه رنج

پدر عزیزم سایبان عشق و آرامش و تکیه گاهم

برادر عزیزم دریای بی‌کران محبت در زندگیم

قدردانی و تشکر

سپاس خدای را به خاطر آنچه از خود به ما شناساند و درهای دانش و درک ربوبیتش را به روی ما گشود و مرا در این مسیر قرار داد و در راه محبت خود استخدام نمود. پس از ارادت خالصانه به درگاه خداوند بی‌همتا از استاد گرامی، جناب آقای دکتر قلی‌زاده به خاطر سعهٔ صدر و لطف بی‌دریغشان سپاسگزاری می‌کنم. از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر عزمی که با حسن خلق و فروتنی از هیچ کمکی بر من دریغ ننمودند، تشکر می‌کنم. بی شک، بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجهٔ مطلوب نمی‌رسید. از مادر و پدر عزیزم که با عاطفه‌ای سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان همواره پشتیبان من بودند، تشکر می‌کنم و بر دستان مهربانشان بوسه می‌زنم. از برادر عزیزم، برترین آموزگار امید من در طول دوران تحصیلم که همواره مانند کوهی استوار تکیه‌گاهم بوده، سپاسگزارم.

چکیده

تشخیص چهره، توانـــایی تشخـــیص یک افـــراد با توجه به ویژگی‌های چهرهٔ آنها است. تشخیص چهره، یک موضوع مهم در کاربردهایی همچون سیستم های امنیتی، کنترل کارت اعتباری و شناسایی مجرمان محسوب می‌شود. استفاده از تصاویر ویدیویی موجب می‌شود که محدودیت تصاویر ثابت از بین رفته و بتوان تحت هر شرایطی تصویر کاربر را دریافت کرد و تشخیص چهره انجام شود. در این سیستم‌ها چالش‌هایی وجود دارد: تغییرات ژست فرد، تغییرات نور، پوشیدگی چهره، کفیت پایین تصاویر ویدیویی و تغییرات ویژگی‌های شخصی در هریک از فریم‌ها. برای انجام کار تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی نیاز به سه فاز وجود دارد: آشکارسازی، دنبال کردن تصویر چهره در فریم‌ها و تشخیص چهره. هدف اصلی در این پروژه نوآوری در فاز تشخیص چهره می‌باشد.

در این پژوهش با استفاده از روش‌های مبتنی بر الگوی باینری محلی به حل چالش‌های موجود در سیستم‌های تشخیص چهره پرداختیم. به همین منظور از رویکرد همسایگی نامتقارن در الگوهای باینری محلی استفاده شده است. با تعریف همسایگی نامتقارن در تصویر اطلاعات مفید تصاویر چهره که قدرت تمایز بیشتری در تصاویر چهره را دارا هستند، استخراج می‌شوند. این روش با استفاده از یک نمونهٔ آموزشی به ازای هر کلاس و توسط یادگیری نیمه نظارتی ارزیابی شده است. دقت تشخیص این روش روی پایگاه داده‌های MoBo، Honda/UCSD و Essex به ترتیب برابر ۹۳.۴، ۸۵.۵ و ۹۶.۲ است.

این رویکرد در الگوهای باینری محلی حجمی که در تصاویر ویدیویی و با بعد زمان کار می‌کند، استفاده شده است. به این منظور از شبکهٔ عصبی خودسازمانده برای پیدا کردن نقاط کلیدی در یک همسایگی استفاده می‌شود. با استفاده از الگوی بهینه شده توسط شبکهٔ عصبی خودسازمانده در این ناحیه، الگوهای باینری محلی حجمی به محاسبهٔ ویژگی‌های کلیدی تصویر می‌پردازد و عملکرد الگوهای باینری محلی حجمی بهبود پیدا می‌کند. دقت تشخیص این روش روی پایگاه داده‌های MoBo، Honda/UCSD و Essex به ترتیب برابر ۹۶.۹، ۸۵.۸ و ۹۸.۴ است.

از دیگر رویکردهایی که برای بهبود الگوهای باینری محلی حجمی استفاده شده است، استخراج ویژگی‌های متمایز کنندهٔ تصویر چهره بر اساس آنتروپی می‌باشد. با استفاده از آنتروپی محلی تصویر، نواحی حائز اهمیت در تصاویر الگوی چهره استخراج می‌شوند و به این ترتیب نواحی با اهمیت برای تمایز تصاویر چهره استفاده می‌شوند. دقت تشخیص این روش روی پایگاه داده‌های MoBo، Honda/UCSD و Essex به ترتیب برابر ۹۸.۴، ۹۱.۱ و ۹۹.۱ است. با استفاده از الگوریتم PSO می‌توان به استخراج نواحی مهم با توجه به شرایط محلی و سراسری پرداخت و دقت تشخیص به دست آمده با استفاده از این روش روی پایگاه داده‌های MoBo، Honda/UCSD و Essex به ترتیب برابر ۹۹.۰، ۹۲.۸ و ۹۹.۸ است.

با استفاده از نقاط کلیدی که توسط روش SIFT استخراج می‌شود، همسایگی نواحی مهم تصویر استخراج می‌شود و با محاسبهٔ الگوی باینری محلی حجمی به ازای هریک از نواحی استخراج شده، می‌توان به طور چشمگیری عملکرد الگوهای باینری محلی حجمی را بهبود بخشید. دقت تشخیص این روش روی پایگاه داده‌های MoBo، Honda/UCSD و Essex به ترتیب برابر ۹۹.۵، ۹۵.۳ و ۹۹.۶ است.

کلمات کلیدی: تشخیص چهره، تصاویر ویدیویی، الگوی باینری محلی، همسایگی نامتقارن، الگوی باینری محلی حجمی، آنتروپی محلی، شبکهٔ عصبی خودسازمانده، الگوریتم PSO، روش SIFT، نقاط کلیدی، الگوی پویا

فهرست

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۱-۱- تشخیص چهره دوبعدی..... ۳

۱-۱-۲- تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی..... ۵

۱-۱-۳- تشخیص چهره سه بعدی..... ۶

۱-۲- کلیات سیستم تشخیص چهره..... ۶

۱-۳- الگوها و کلاس‌های الگو..... ۱۰

۱-۴- مسائل اساسی در سیستم تشخیص چهره..... ۱۰

۱-۵- یادگیری و آموزش..... ۱۱

۱-۶- چالش‌های موجود در سیستم تشخیص چهره..... ۱۲

۱-۷- پایگاه‌های داده..... ۱۳

۱-۷-۱- پایگاه دادهٔ MoBo..... ۱۴

۱-۷-۲- پایگاه دادهٔ Honda/UCSD..... ۱۴

۱-۷-۳- پایگاه دادهٔ Essex..... ۱۵

۱-۸- اهداف و روش‌ها..... ۱۶

۱-۹- نحوهٔ سازماندهی مستند..... ۲۰

فصل دوم: پیشینهٔ پژوهش‌ها..... ۲۱

۲-۱- مقدمه..... ۲۲

۲-۲- روش‌های مبتنی بر اطلاعات مکانی-زمانی..... ۲۳

۲-۲-۱- تشخیص چهره با استفاده از تئوری اطلاعات..... ۲۳

۲-۲-۲- تشخیص چهره با استفاده از آنالیز ممیز کرنل..... ۲۴

۲-۲-۳- تشخیص چهره با استفاده از روش‌های eigen-based..... ۲۷

۲-۲-۴- تشخیص چهره با استفاده از یادگیری منیفلد..... ۲۹

۲-۲-۵- تشخیص چهره با استفاده از روش‌های مبتنی بر گراف..... ۳۱

۲-۲-۶- تشخیص چهره با استفاده از الگوهای باینری محلی حجمی..... ۳۱
۲-۳- روش‌های مبتنی بر مدل آماری..... ۳۲
۲-۳-۱- تشخیص چهره با استفاده از انطباق مدل‌های آماری..... ۳۳
۲-۳-۲- تشخیص چهره با استفاده از مدل ARMA..... ۳۴
۲-۳-۳- تشخیص چهره با استفاده از مدل HMM..... ۳۶
۲-۴- روش‌های چندوجهی..... ۳۸
۲-۴-۱- تشخیص چهره با ترکیب چهره و نحوهٔ راه رفتن..... ۳۹
۲-۴-۲- تشخیص چهره با استفاده از ترکیب چهره و صدا..... ۴۰
۲-۴-۳- تشخیص چهره با استفاده از ترکیب چهره و حرکت‌های دهان..... ۴۱
۲-۵- مروری بر روش‌های مبتنی بر الگوهای باینری محلی..... ۴۳
۲-۵-۱- بهبود قابلیت ایجاد تمایز الگوهای باینری محلی..... ۴۴
۲-۵-۲- بهبود قابلیت پایداری الگوهای باینری محلی..... ۴۵
۲-۵-۳- انتخاب همسایه‌ها در الگوهای باینری محلی..... ۴۶
۲-۵-۴- توسعهٔ سه بعدی الگوهای باینری محلی..... ۴۶
۲-۵-۵- ترکیب الگوهای باینری محلی با روش‌های دیگر..... ۴۷
۲-۶- نتیجه‌گیری..... ۴۷
فصل سوم: همسایگی نامتقارن در الگوهای باینری محلی..... ۵۲
۳-۱- مقدمه..... ۵۳
۳-۲- همسایگی نامتقارن در تصویر..... ۵۵
۳-۳- علت استفاده از همسایگی نامتقارن در تصویر..... ۵۷
۳-۴- معرفی الگوهای باینری محلی نامتقارن..... ۵۸
۳-۵- ارزیابی الگوریتم ALBP..... ۶۲
فصل چهارم: توسعهٔ الگوهای باینری محلی حجمی..... ۶۳
۴-۱- مقدمه..... ۶۴
۴-۲- بهینه سازی الگوهای باینری محلی حجمی..... ۶۶
۴-۳- الگوهای باینری محلی حجمی مبتنی بر آنتروپی..... ۷۰

۴-۴- ترکیب SIFT و VLBP ۷۴
فصل پنجم: ارزیابی و آزمایشات ۷۷
۵-۱- پایگاه‌های داده ۷۸
۵-۱-۱- پایگاه دادهٔ MoBo ۷۸
۵-۱-۲- پایگاه دادهٔ Honda/UCSD ۷۹
۵-۱-۳- پایگاه دادهٔ Essex ۸۰
۵-۲- معیارهای ارزیابی ۸۲
۵-۳- ارزیابی الگوریتم ALBP ۸۲
۵-۴- ارزیابی الگوریتم OVLBP ۸۸
۵-۵- ارزیابی الگوریتم EBVLBP ۹۲
۵-۶- ارزیابی الگوریتم ترکیبی VLBP با SIFT ۹۶
فصل ششم: نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آینده ۹۸
۶-۱- مقدمه ۹۹
۶-۲- خلاصهٔ تحقیق ۱۰۰
۶-۳- پژوهش‌های آینده ۱۰۳
مراجع ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ۱-۲- دسته‌بندی الگوریتم‌های تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی..... ۲۱
جدول ۲-۲- ایده، مزایا و معایب روش های مبتنی بر اطلاعات مکانی – زمانی..... ۴۸
جدول ۲-۳- ایده، مزایا و معایب روش های مبتنی بر مدل های آماری..... ۵۰
جدول ۲-۴- مزایا و معایب روش های چندوجهی..... ۵۱
جدول ۲-۵- دسته‌بندی روش‌های مبتنی بر الگوهای باینری محلی..... ۵۲
جدول ۵-۱- ویژگی پایگاه داده‌های مورد استفاده در آزمایشات..... ۸۰
جدول ۵-۲- نرخ تشخیص ALBP با پارامترهای مختلف..... ۸۵
جدول ۵-۳- نرخ خطا ALBP روی پایگاه دادهٔ MoBo..... ۸۵
جدول ۵-۴- نرخ خطا ALBP روی پایگاه دادهٔ Honda/UCSD..... ۸۶
جدول ۵-۵- نرخ خطا ALBP روی پایگاه دادهٔ Essex..... ۸۶
جدول ۵-۶- مقایسهٔ نرخ خطا ALBP روی پایگاه دادهٔ MoBo..... ۸۶
جدول ۵-۷- مقایسهٔ نرخ خطا ALBP روی پایگاه دادهٔ Honda/UCSD..... ۸۷
جدول ۵-۸- مقایسهٔ نرخ خطا ALBP روی پایگاه دادهٔ Essex..... ۸۷
جدول ۵-۹- مقایسهٔ تعداد کدهای LBP و نرخ خطا..... ۸۸
جدول ۵-۱۰- نرخ تشخیص OVLBP روی پایگاه داده MoBo..... ۸۹
جدول ۵-۱۱- نرخ تشخیص OVLBP روی پایگاه داده Honda/UCSD..... ۸۹
جدول ۵-۱۲- نرخ تشخیص OVLBP روی پایگاه داده Essex..... ۸۹
جدول ۵-۱۳- نرخ تشخیص OVLBP با پارامترهای مختلف..... ۹۰
جدول ۵-۱۴- نرخ تشخیص OVLBP با توجه به سایز نگاشت شبکه..... ۹۰
جدول ۵-۱۵- نرخ تشخیص EBVLBP روی پایگاه دادهٔ MoBo..... ۹۳
جدول ۵-۱۶- نرخ تشخیص EBVLBP روی پایگاه دادهٔ Honda/UCSD..... ۹۳
جدول ۵-۱۷- نرخ تشخیص EBVLBP روی پایگاه دادهٔ Essex..... ۹۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- بلوک دیاگرام سیستم تشخیص چهره..... ۷

شکل ۱-۲- فرآیند تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی..... ۱۷

شکل ۲-۱- در نظر گرفتن نزدیکی داده ها با توجه به میانگین داده ها و تئوری اطلاعات ۲۳

شکل ۲-۲- دسته بندی داده ها با استفاده از (از چپ به راست) PCA، LDA، KPCA، KDA..... ۲۴

شکل ۲-۳- سطح بندی ژست فرد..... ۲۵

شکل ۲-۴- توزیع الگوهای چهره با استفاده از روش های PCA، LDA، KPCA، KDA..... ۲۶

شکل ۲-۵- تقسیم تصاویر به ناحیه های بیضی شکل برای دسته بندی..... ۲۷

شکل ۲-۶- دسته بندی تصاویر بر اساس زاویهٔ دید تصویر..... ۲۸

شکل ۲-۷- مجموعه منیفلدها..... ۳۰

شکل ۲-۸- مدل سازی زمانی داده ها با استفاده از HMM..... ۳۶

شکل ۲-۹- نمونه هایی از تصاویر استاندارد شده GEI..... ۴۰

شکل ۲-۱۰- تقریب مکان دهان با توجه به مکان تقریبی چشم ها..... ۴۲

شکل ۲-۱۱- نحوهٔ کدگذاری در الگوهای باینری محلی پایه..... ۴۳

شکل۳- ۱- مثالی از محاسبهٔ کد الگوی باینری محلی..... ۵۵

شکل ۳-۲- هیستوگرام تولید شده توسط الگوی باینری محلی..... ۵۶

شکل ۳-۳- جستجوی همسایه‌ها در الگوریتم ALBP..... ۶۱

شکل ۳-۴- روند الگوریتم ALBP..... ۶۲

شکل ۴-۱- در نظر گرفتن نقاط همسایگی در فضای سه‌بعدی..... ۶۴

شکل ۴-۲- تقسیم‌بندی تصویر با بلوک‌های همپوشان..... ۶۷

شکل ۴-۳- تقسیم‌بندی تصویر با بلوک‌های غیرهمپوشان..... ۶۷

شکل ۴-۴- روند الگوریتم OVLBP..... ۶۹

شکل ۴-۶- تصویر چهره در ۵ مقیاس مختلف..... ۷۱

شکل ۴-۶- روند الگوریتم EBVLBP..... ۷۳

شکل ۴-۷- همسایگی داده ها به صورت کروی..... ۷۶

شکل ۵-۱- تصاویر چهره از پایگاه دادهٔ MoBo..... ۷۸

شکل ۵-۲- تصاویر چهره از پایگاه دادهٔ Honda/UCSD.....۷۹
شکل ۵-۳- تصاویر چهره از پایگاه دادهٔ Essex.....۸۰
شکل ۵-۴- ساختار گراف همسایگی.....۸۴
شکل ۵-۵- نرخ خطا با توجه به تعداد کدهای LBP در الگوریتم ALBP.....۸۸
شکل ۵-۶- نرخ تشخیص با توجه به نسبت سایز بلوک‌های همپوشان به بلوک‌های غیر همپوشان(MoBo)...۹۱
شکل ۵-۷- نرخ تشخیص با توجه به نسبت سایز بلوک‌های همپوشان به بلوک‌های غیر همپوشان(Honda)...۹۱
شکل ۵-۸- نرخ تشخیص با توجه به نسبت سایز بلوک‌های همپوشان به بلوک‌های غیر همپوشان(Essex)...۹۲

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

چهره، نقش اساسی در شناسایی افراد و نمایش احساسات آنها در سطح جامعه دارد. توانایی انسان در تشخیص چهره قابل توجه است. بشر قادر به تشخیص هزاران چهرهٔ دیده شده در طول زندگی است و در یک نگاه چهره‌های آشنا را حتی پس از سال‌ها جدایی شناسایی می‌کند. این مهارت در مقابل تغییرات در شرایط دیداری مانند حالت چهره، سن و همچنین تغییراتی در چهره مانند عینک، ریش یا سبک مدل موها ثابت است.

تشخیص چهره، توانایی تشخیص یک فرد با توجه به ویژگی‌های چهرهٔ آن فرد است. تشخیص چهره یک موضوع مهم در کاربردهایی همچون سیستم‌های امنیتی، کنترل کارت اعتباری و شناسایی مجرمان است. برای مثال، قابلیت مدل کردن یک چهره خاص و تمیز دادن آن از یک تعداد فراوان از مدل‌های چهرهٔ ذخیره شده، شناسایی مجرمان را به صورت گسترده‌ای بهبود خواهد بخشید. اگرچه انسان‌ها در تشخیص چهره توانا هستند، اما نحوهٔ کدگذاری و کدگشایی چهره در مغز انسان کاملاً آشکار نیست. تشخیص چهرهٔ انسان برای بیش از بیست سال مورد مطالعه قرار گرفته است [1]. توسعهٔ یک مدل محاسباتی برای تشخیص چهره کاملاً دشوار است و دلیل آن پیچیدگی چهره‌ها و ساختار چند بعدی بینایی است. بنابراین تشخیص چهره یک فعالیت سطح بالا در بینایی ماشین است و می‌تواند بسیاری از تکنیک‌های بینایی اولیه را در برگیرد.

امروزه مسئلهٔ تشخیص چهره، یکی از مسائل مهم در بیومتریک[1] است و علت آن هم سهولت دسترسی به چهرهٔ افراد نسبت به سایر روش‌های بیومتریک است. به عنوان مثال، برای شناسایی با استفاده از اثر انگشت نیاز است که فرد انگشت خود را در یک موقعیت مشخصی قرار دهد. در حالی که با استفاده از تصاویر ویدیویی چهره، امکان تشخیص هویت یک فرد در هر نقطه بدون توجه به مکان شخص، امکان پذیر است [2].

مرحلهٔ اول تشخیص چهرهٔ انسان، استخراج ویژگی‌های آشکار از تصاویر چهره است. بررسی‌های محققین در چندین سال گذشته بر آن اشاره دارد که ویژگی‌های خاصی از چهره برای شناسایی چهره توسط انسان تشخیص داده می‌شود. نیاز به سیستم‌های اطلاعاتی بهبود یافته بیشتر از قبل مورد توجه قرار گرفته است. به دلیل این که اطلاعات، عنصری اساسی در تصمیم سازی است و جهان در حال افزایش دادن مقدار اطلاعات در فرم‌های مختلف با درجه‌هایی از پیچیدگی است. یکی از مسائل اصلی در طراحی سیستم‌های اطلاعاتی مدرن، تشخیص چهره به طور اتوماتیک است.

در یک سیستم تشخیص چهره به صورت اتوماتیک از فیلدهای مختلفی استفاده می‌شود که می‌توان به بینایی ماشین، پردازش تصویر، شناسایی الگو و یادگیری ماشین اشاره کرد [1]. در یک سیستم تشخیص چهره، تصویر

[1] biometric

چهره از تعداد زیادی تصاویر از افراد مختلف که در مجموعه داده‌های آموزشی قرار گرفته است، تطابق پیدا خواهد کرد. معمولاً مجموعه‌ای از تصاویر در مجموعه تست قرار می‌گیرد که برای ارزیابی سیستم‌های تشخیص چهره استفاده می‌شود.

تشخیص چهره در دو سناریوی زیر قابل اجرا است:

- ❖ مجموعهٔ باز (open set): در این حالت احتمال این که دادهٔ تست در مجموعه داده‌های آموزشی قرار نداشته باشد در نظر گرفته می‌شود. بنابراین یک درجهٔ انطباق تعریف می‌کنیم به گونه‌ای که داده‌های دارای انطباق در مجموعه داده‌های آموزشی دارای درجهٔ انطباق بالاتری باشند.
- ❖ مجموعهٔ بسته (closed set): در این حالت داده‌های تست از همان داده‌هایی که در مجموعهٔ آموزشی قرار گرفته است، انتخاب می‌شوند.

تشخیص چهره در سه زمینه در حال انجام است که در بخش‌های بعدی به آنها خواهیم پرداخت:

- ✓ تشخیص چهرهٔ دو بعدی
- ✓ تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی
- ✓ تشخیص چهرهٔ سه بعدی

۱-۱-۱- تشخیص چهرهٔ دو بعدی

کارهای بسیاری در دهه‌های اخیر در زمینهٔ تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ثابت و دوبعدی انجام شده است [1]. در تصاویر دو بعدی و ثابت، یک عکس از فرد کاربر دریافت شده و با مجموعه تصاویری که در مجموعه داده‌های آموزشی وجود دارد، مقایسه می‌شود و در نهایت کار شناسایی انجام خواهد شد. در این فرآیند، همکاری کاربر لازم است به گونه‌ای که تصویر تمام رخ از او دریافت شود و علاوه بر این شرایط نور باید به صورت یک‌نواخت باشد و یک پیش زمینهٔ ساده نیاز است تا قادر به قطعه‌بندی و پردازش تصویر باشیم. می‌توان گفت این روش در شرایطی که تغییرات نور و ژست فرد تغییرات زیادی نداشته باشد، به خوبی و با کارایی بالا عمل خواهد کرد.

برخی از روش های معروف که در این حوزه استفاده می‌شود در زیر به آنها اشاره شده است:

- [3] Principal Component Analysis (PCA): این روش با محاسبهٔ مجموعه‌ای از بردارهای متعامد به کاهش بعد در داده‌های آموزشی می‌پردازد و در واقع به این روش eigenface تولید می‌کند. هنگامی که یک تصویر جدید برای تست به این سیستم داده شود، با استفاده از eigenface وزن‌دهی شده، تشخیص داده می‌شود. در واقع می‌توان گفت معیار تخمین برای این روش مجموع وزن‌هایی است

که برای این eigenface در نظر گرفته می‌شود. روش PCA از یک تبدیل خطی برای کاهش بعد برای تشخیص استفاده می‌کند و به این صورت مجموع مربعات خطا را نیز کاهش می‌دهد. این روش یک روش تشخیص چهره بدون نظارت است. اگر تعداد داده‌های آموزشی کافی وجود نداشته باشد، این روش بسیار آسیب پذیر خواهد بود.

- Linear Discriminant Analysis (LDA) [4]: یکی از روش‌های معروف برای استخراج ویژگی‌ها است که کلاس‌ها به صورت جداگانه نگهداری می‌شوند. در این روش، بردارهای نگاشت با ماکزیمم کردن کوواریانس یا پراکندگی بین کلاس‌ها و مینیمم کردن پراکندگی داخل کلاس‌ها به دست می‌آید. بنابراین زمانی که نمونه‌های کافی برای آموزش وجود نداشته باشد، ماتریس کوواریانس به طور دقیق تخمین زده نمی‌شود. این روش به صورت یادگیری با نظارت کار می‌کند و در صورتی که اطلاعات برچسب‌ها در دسترس باشد، کارایی بهتری نسبت به PCA دارد.
- Elastic Bunch Graph Matching (EBGM) [5]: EBGM روشی است که از گراف برای نمایش تصویر استفاده می‌کند. در این گراف، گره‌ها در مکان‌های ثابتی در تصویر قرار گرفته‌اند و لبه‌ها نیز همان لبه‌های تصویر است که توسط بردار فاصله برچسب زده شده‌اند. در این گراف هر گره دارای ضرایب موجک Gabor [6] است که به این مجموعهٔ ضرایب، جت[2] گفته می‌شود. در این روش، هندسهٔ تصویر توسط لبه‌ها کد گذاری شده است و درجهٔ خاکستری برای تصویر توسط جت نشان داده می‌شود. برای تشخیص چهره نیز در این روش از تابعی استفاده می‌شود که میزان شباهت این گراف‌ها را محاسبه کند.

۱-۱-۲- تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی

تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی برای اولین بار در دههٔ ۸۰ ارائه گردیده است [2] و از آن زمان تاکنون بسیار مورد توجه بوده است. علاوه بر کاربردهای فراوانی که تشخیص چهره در حوزه‌های تجاری و اعمال قانون دارد، تکنولوژی امروز نیز موجب افزایش کاربردهای این حوزه شده است. با این که در حال حاضر بسیاری از سیستم‌های تشخیص چهره به بلوغ لازم رسیده‌اند، اما همچنان در محیط‌های واقعی نتایج چندان مطلوبی را ارائه نمی‌دهند. به عنوان مثال، تصاویر به دست آمده از یک دوربین که به صورت ویدیویی وجود دارد، در یک محیط باز با تغییرات زیاد در وضعیت نور و همچنین حرکات و حالات چهرهٔ فرد همراه است. بنابراین به طور کلی باید الگوریتم‌های موجود به سمتی روند که چالش های موجود را برطرف سازند.

[2] jet

هدف از تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی، ساخت یک سیستمی است که در شرایط واقعی و بدون محدودیت قادر به تشخیص باشد. در بسیاری از موارد نیز نیاز به شرایط ایستا و تعریف شده است تا کار تشخیص چهره انجام شود. بنابراین می‌توان گفت بسته به کاربرد، محدودیت‌هایی برای محیط تعریف خواهد شد. در صورتی که سیستم برای کاربردهای امنیتی تعریف شده باشد، به عنوان مثال برای دسترسی به مکان خاصی، لازم است سیستم شرایط و محدودیت‌های از پیش تعریف شده‌ای داشته باشد. در صورتی که سیستم برای تشخیص در محیط‌های واقعی تعریف شده باشد، بهتر است که محدودیت برای این گونه سیستم‌ها وجود نداشته باشد.

در مقایسه با تصاویر ثابت، از تصاویر ویدیویی می‌توان اطلاعات بیشتری به دست آورد. زیرا به تعداد بیشتری از تصاویر چهره دسترسی خواهیم داشت. به همین علت، تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی نسبت به تصاویر ثابت کارایی بهتری دارد. استفاده از اطلاعات زمانی در دنبالهٔ تصاویر ویدیویی موجب می‌شود که دقت سیستم تشخیص چهره بهبود یابد. علاوه بر این موارد، در تصاویر ویدیویی چهره، ژست‌های[3] مختلف اشخاص برای به دست آوردن اطلاعات مربوط به شکل چهره مورد استفاده است.

تشخیص چهره با استفاده از تصاویر ویدیویی شامل مراحل زیر است:

- قطعه بندی تصویر چهره و تخمین وضعیت و ژست چهره
- ردیابی[4] تصویر چهره
- مدل کردن تصویر چهره

۱-۱-۳- تشخیص چهرهٔ سه بعدی

روش‌های تشخیص چهرهٔ سه‌بعدی از هندسهٔ سطح تصویر چهره استفاده می‌کنند. برخلاف تشخیص چهره دوبعدی، تشخیص چهره سه‌بعدی در برابر تغییرات ژست و نور مقاوم است. یک تصویر سه‌بعدی از حسگرهای سه‌بعدی به دست خواهد آمد که ۱۲۰ درجه از انتهای سمت راست تا انتهای سمت چپ چهره را پوشش خواهد داد. اصطلاحاً به چنین حالتی یک تصویر ۲.۵ بعدی نیز گفته می‌شود. یک تصویر سه بعدی کامل ۳۶۰ درجه با ترکیب تصاویر ۲.۵ بعدی به دست خواهد آمد. مکانیزم تشخیص می‌تواند بین تصاویر با بعد یکسان یا تصویر دوبعدی و مدل سه‌بعدی آن انجام شود. علاوه بر این، از مدل سه‌بعدی چهره می‌توان برای بازنمایی یک تصویر دوبعدی تمام رخ نیز استفاده کرد.

[3] pose
[4] Face tracking

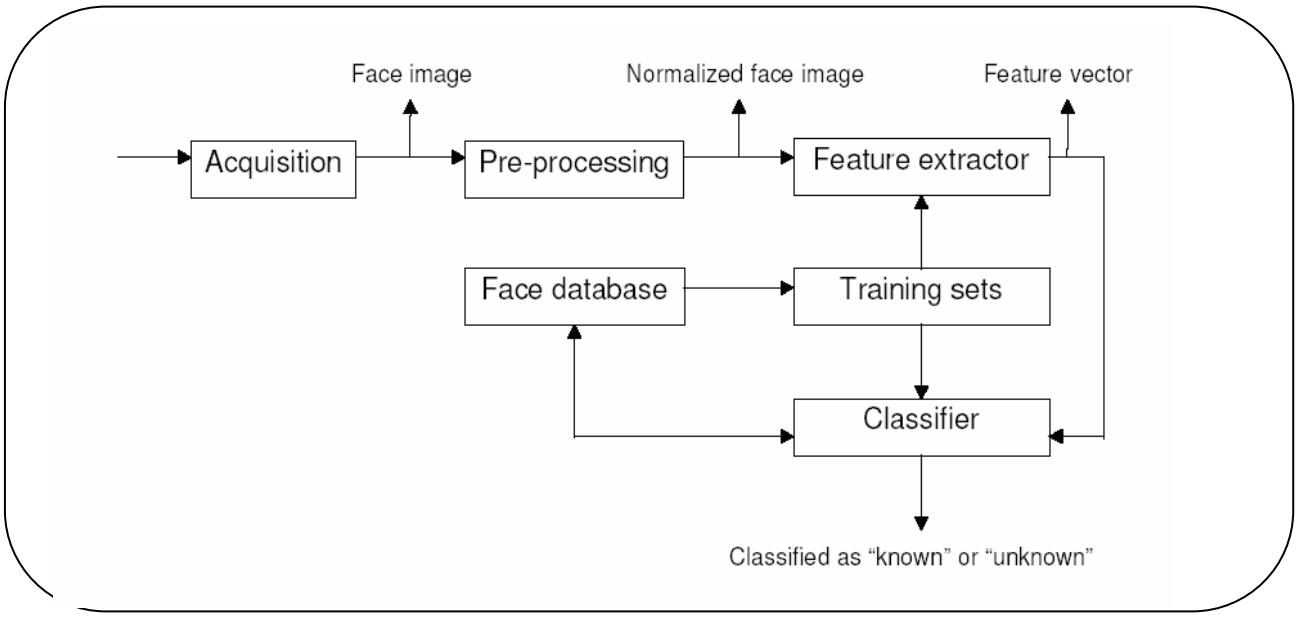
مدل‌های سه‌بعدی از تصویر معمولاً به صورت تصاویر چند پهلو به عنوان مثال، مثلثی، مربعی یـا دارای سـاختار مش هستند و این گونه ساختارها موجب کارآمدتر شدن محاسبات می‌شود. با این که این مدل در برابر تغییرات نور و همچنین ژست افراد مقاوم است، اما در برابر تغییرات حالت چهره مقاوم نیست و علاوه بـر ایـن مـوارد بـه دلیل بالا بودن حجم مدل‌های سه‌بعدی، حجم محاسبات بالا و هزینهٔ بالایی را در این روش‌ها باید متحمل شد.

۱-۲- کلیات سیستم تشخیص چهره

تشخیص چهره یک عمل تشخیص الگو است که به طور خاص بر روی چهره‌ها انجام می‌شود. این عمل عبارت است از دسته‌بندی یک چهره به عنوان "شناخته شده" و " شناخته نشده". پس از مقایسه با چهره‌های ذخیره شدهٔ افراد ناشناس، مدل‌های محاسباتی تشخیص چهره بایستی پاسخگوی چندین مسئلهٔ دشوار باشند.

دشواری طراحی سیستم تشخیص چهره از آنجا ناشی می‌شود که چهره‌ها بایستی به گونه‌ای ارائه شوند که اطلاعات موجود در چهره را برای تشخیص یک چهرهٔ خاص از دیگر چهره‌ها به بهترین نحو به کار برند. در این مورد، چهره‌ها باعث یک مسئلهٔ دشوار می‌شوند. زیرا همهٔ چهره‌ها از آنجا که مجموعه ویژگی‌های یکسانی مانند چشمان، بینی و دهان دارند، مشابه با یکدیگر هستند.

در شکل ۱-۱ بلوک دیاگرام یک سیستم تشخیص چهره نشان داده شده است:



شکل ۱-۱- بلوک دیاگرام سیستم تشخیص چهره

شش بلوک عملیاتی اصلی وجود دارند که مسئولیت‌های آنها در ادامه بیان شده است:

- ✓ **ماژول دریافت:** این ماژول نقطهٔ ورود به فرآیند تشخیص چهره است. ماژولی است که تصویر چهرهٔ مورد نظر را به سیستم ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، در این ماژول، از کاربر درخواست می‌شود تا یک تصویر چهره به سیستم تشخیص چهره ارائه کند.
- ✓ **ماژول پیش – پردازش:** در این ماژول، به وسیلهٔ تکنیک‌های پردازش تصویر، تصاویر چهره نرمال‌سازی می‌شوند و اگر نیاز بود، برای افزایش کارایی تشخیص، بهبود می‌یابند. برخی یا تمام مراحل پیش – پردازش زیر ممکن است در یک سیستم تشخیص چهره پیاده‌سازی شوند:

۱. **نرمال سازی اندازهٔ تصویر:** این کار معمولاً انجام می‌شود تا اندازهٔ تصویر تغییر کند. تصویر گرفته شده به یک اندازهٔ پیش فرض تغییر می‌کند که سیستم تشخیص چهره با آن کار کند.

۲. **یکسان‌سازی هیستوگرام:** این کار معمولاً بر روی تصاویر خیلی تاریک یا خیلی روشن برای بهبود کیفیت تصویر و بهبود کارایی تشخیص چهره انجام می‌شود که گسترهٔ کنتراست[5] تصویر را اصلاح می‌کند. به عنوان نتیجه، برخی ویژگی‌های مهم چهره آشکارتر می‌شوند.

۳. **فیلترینگ میانه:** برای تصاویر دارای نویز، به خصوص تصاویری که از طریق دوربین عکاسی گرفته شده است، فیلترینگ میانه می‌تواند تصویر را بدون از دست رفتن اطلاعات تمیز کند.

۴. **فیلترینگ بالا گذر:** استخراج کننده‌های ویژگی که مبتنی بر روی کلیات چهره هستند، ممکن است از تصویری که لبه‌یابی روی آن صورت گرفته است، نتیجهٔ بهتری بدهند. فیلترینگ بالا گذر بر روی جزئیاتی مانند لبه‌ها تأکید دارند که در نتیجه کارایی تشخیص لبه را افزایش می‌دهد.

۵. **حذف کردن پس زمینه:** به منظور دست‌یابی به اطلاعات چهره، پس زمینهٔ چهره قابل حذف است. این موضوع برای سیستم‌های تشخیص چهره‌ای مهم‌تر است که اطلاعات موجود در کل تصویر، استفاده می‌شود. همچنین توجه داشته باشیم که در حذف پس‌زمینه، ماژول پیش – پردازش بایستی قادر به تعیین محدودهٔ چهره باشد.

[5] contrast