دانشگاه تبریز

دانشکده برق وکامپیوتر

گروه الکترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته الکترونیک

عنوان

بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید با استفاده از شبکه های عصبی و پیاده سازی سخت افزاری آن روی FPGA

استاد راهنما

پروفسور دکتر حسین بالازاده بهار

استاد مشاور

دکتر جعفر صبحی

پژوهشگر

حسن قلی پور گنجگاه

آذرماه ۱۳۹۰

تقدیم به همه مرفداکارم

و امیر محمد عزیزم

نام خانوادگی دانشجو : قلی پور گنجگاه **نام :** حسن

عنوان پایان نامه : بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید با استفاده از شبکه های عصبی و پیاده سازی سخت افزاری آن روی FPGA

استاد راهنما : پروفسور دکتر حسین بالازاده بهار

استاد مشاور : دکتر جعفر صبحی

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته :** برق **گرایش :** الکترونیک **دانشگاه :** تبریز

دانشکده : برق و کامپیوتر **تاریخ فارغ التحصیلی :** آذر ماه ۱۳۹۰ **تعداد صفحه :** ۱۰۲

کلید واژه : بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید، شبکه های عصبی، پیاده سازی سخت افزاری روی FPGA، تخمین تابع زیگموئید، ساختارهای پویا و ایستا، اختلاط خبره های بهینه.

چکیده : سیستم بینایی انسان قابلیت های قابل توجه ای در یادگیری زوایای جدید چهره و تطبیق نما هایی که قبلا از چهره یک فرد دیده و زوایای جدیدی که تا به حال ندیده دارد. که در راستای بازشناسی چهره و تمایز بین تغییرات جزئی و کلی ایجاد شده در تصاویر نمایان است. این قابلیت به بازشناسی چهره از زوایایی که قبلا دیده نشده مشهور است. ما به یک جنبه این مساله که توانایی بازشناسی چهره از چندین جهت مختلف است میپردازیم. موضوع بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید، از این منظر که تصویر دیده شده از یک زاویه جدید میتواند کاملا با تصاویر قبلی ای که از آن فرد داریم متفاوت باشد دارای پیچیدگی خاصی است.

مدل ارائه شده برای بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید، بر مبنای ترکیبی از ساختارهای دینامیک و استاتیک است. مدل اختلاط خبره های اصلاح شده دارای۵ شبکه مستقل از هم میباشد که هر شبکه دارای دو خبره میباشد که با شبکه میانجیگر با هم ترکیب شده اند. خروجی نهایی میانگین گیری ساده ای از خروجی ۵ شبکه است. مدل ارائه شده برای پیاده سازی روی FPGA طراحی شده است. بخاطر اینکه هر کدام از ۵ شبکه با کمترین هزینه روی سخت افزار قابل پیاده سازی میباشند و با بکارگیری سری از آنها و حتی استفاده از شبکه های مجزا میتوان به هدف مورد نظر رسید. با توجه به تشابه ساختاری شبکه ها و بالا بردن کارایی سخت افزار از فضای ویژه کلی استفاده میشود.

پیاده سازی سخت افزاری راهکار مناسبی برای باز شناسی چهره در کار بردهای خاص آنلاین میباشد که با انتخاب FPGA مناسب قابل تحقق می باشد.

شواهد فیزیولوژیکی، عصب شناختی ای وجود دارند که مدل ارائه شده را تایید میکنند. و از وجود چنین مکانیسمی که خروجی چندین بخش مختلف برای بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید با هم ترکیب میشوند خبر میدهند.

نتایج آزمایشات نشان میدهد که روش پیشنهادی نسبت به روشهایی که اخیرا ارائه شده و روشهای معمولی نرخ بازشناسی بالایی دارد. و همچنین دارای پیچیدگی محاسباتی کمتری در مقایسه با روش اختلاط خبره های مرسوم میباشد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست شکل ها IX

فهرست جدول ها XI

مقدمه ۱

فصل اول: مفاهیم اولیه و بررسی منابع

۱-۱) مقدمه ۴

۱-۲) روشهای کل نگری به تصویر چهره ۶

۱-۲-۱) PCA ۶

۱-۲-۱-۱) تبدیل تصویر چهره به یک بردار ۶

۱-۲-۱-۲) فضای چهره و فضای تصویر ۷

۱-۲-۱-۳) صورتهای ویژه ۷

۱-۲-۱-۴) به دست آوردن مولفه های اساسی یک مجموعه ۸

۱-۲-۱-۵) بازشناسی چهره با استفاده از تجزیه مولفه های اساسی ۹

۱-۲-۲) روش تجزیه مولفه های مستقل ۱۰

۱-۲-۲-۱) ساختار اول ۱۱

۱-۲-۲-۲) ساختار دوم مولفه های مستقل ۱۳

۱-۲-۳) روش تجزیه تفکیک کننده خطی ۱۴

۱-۲-۴) ماشین های بردار پشتیبان ۱۵

۱-۳) روشهای بر پایه ویژگیهای تصویر ۱۶

۱-۳-۱) روش ویژگیهای هندسی ۱۶
۱-۳-۲) فاصله اقلیدسی ۱۷
۱-۳-۳) گراف خوشه ای کشسان ۱۷
۱-۴) بانکهای چهره جهت ارزیابی روشهای بازشناسی چهره ۱۹
۱-۴-۱) بانک چهره FERET ۱۹
۱-۴-۲) بانک چهره YALE ۱۹
۱-۴-۳) بانک چهره PIE ۲۱
۱-۴-۴) بانک چهره ORL ۲۱
۱-۵) بازشناسی مستقل از زاویه دید چهره ۲۲
۱-۵-۱) رمز گذاری چهره مستقل از زاویه دید در نواحی کورتکس پردازش چهره مغز ۲۳
۱-۵-۱-۱) حساسیت به نمای سه بعدی ۲۵
۱-۵-۱-۲) رمز گذاری مستقل از زاویه دید و وابسته به زاویه دید سرها ۲۵
۱-۵-۱-۳) سلولهای وابسته به زاویه دید و مستقل از زاویه دید ۲۷
۱-۵-۲) مدلهای محاسباتی بازشناسی چهره مستقل از زاویه دید ۳۱
۱-۵-۲-۱) دیدگاههای بر پایه دید چند گانه ۳۱
۱-۵-۲-۲) دیدگاههای بر پایه مدلهای سه بعدی ۳۳
۱-۵-۳) نتیجه گیری ۳۳
۱-۶) الگوریتم های یادگیری تجمعی و الگوریتم های ایجاد شبکه های عصبی گوناگون ۳۴
۱-۶-۱) انتخاب و آموزش طبقه بندهای منفرد ۳۵
۱-۶-۲) ترکیب کننده ۳۶
۱-۶-۳) تحلیل تئوری طرح های ترکیبی ۳۷

۱-۶-۴) نیازهای اساسی ۴۰
۱-۶-۵) استراتژی کاهش همبستگی ۴۱
۱-۶-۵-۱) سازوکارهای مختلف یادگیری ۴۱
۱-۶-۵-۲) طریقه های مختلف نمایش الگوها ۴۲
۱-۶-۵-۳) تقسیم بندی مجموعه آموزشی ۴۳
۱-۶-۵-۴) برچسب گذاری های متفاوت در یادگیری ۴۶
۱-۶-۶) مدلهای الگوی یادگیری تجمعی ۴۷
۱-۶-۶-۱) مدل ایستا ۴۷
۱-۶-۶-۲) مدل پویا ۴۷
۱-۶-۷) جمع بندی ۴۸
۱-۷) بررسی روشهای استفاده از شبکه های عصبی ترکیبی در بازشناسی چهره ۴۹
۱-۷-۱) بازشناسی چهره با استفاده از ترکیب شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه ۴۹
۱-۷-۲) روش استک ۵۰
۱-۷-۳) روش اختلاط خبره ها ۵۱
۱-۷-۴) پیاده سازی طبقه بندهای چند لایه بر اساس تقسیم واحاطه ۵۳
۱-۸) پیاده سازی سخت افزاری ۵۴
۱-۸-۱) مروری بر پایه های شبکه های عصبی ۵۵
۱-۸-۱-۱) نورونهای مصنوعی ۵۵
۱-۸-۲) پارالیسم در شبکه های عصبی و اهمیت آن در پیاده سازی ۵۶
۱-۸-۲-۱) فرایند پارالیسم در شبکه های عصبی ۵۷
۱-۸-۳) محاسبه ۵۸

۱-۸-۳-۱) نمایش اعداد ۵۸
۱-۸-۳-۲) محاسبه نتایج حاصل از جمع ۵۸
۱-۸-۴) پیاده سازی تابع فعالسازی ۶۲
۱-۸-۴-۱) تخمین با تابع خطی درجه دوم ۶۲
۱-۸-۴-۲) روش تخمین الیپی و استوری گاجانی ۶۳
فصل دوم : مواد و روش ها
۲-۱) مقدمه ۶۷
۲-۲) فاز اول- تکنیک شبکه های عصبی مصنوعی برای بازشناسی ۶۸
۲-۲-۱) استفاده از فضای ویژه کلی ۶۹
۲-۲-۲) پیاده سازی سیستم های اختلاط خبره بهینه ۷۰
۲-۳) فاز نهایی- توصیف سخت افزاری شبکه عصبی طراحی شده به کمک زبان verilog،
جهت پیاده سازی در تراشه های FPGA ۷۴
۲-۳-۱) ورودی تراشه- نحوه نمایش اعداد و دقت مورد نظر ۷۴
۲-۳-۲) TestROM و WROMها ۷۵
۲-۳-۳) ضرب ماتریس اوزان در ورودی ۷۶
۲-۳-۴) پیاده سازی تابع فعالسازی ۷۷
۲-۳-۴-۱) درونیابی خطی برای تخمین تابع زیگموئید ۷۷
۲-۳-۴-۲) پیاده سازی ۷۹
۲-۳-۴-۳) تئوری و الگوریتم ۸۰
فصل سوم : نتایج و بحث
۳-۱) مقدمه ۸۴

۳-۲) تشریح اجزای مساله در فاز اول ۸۴
۳-۲-۱) پایگاه داده ۸۴
۳-۲-۲) تشریح مساله SSS ۸۵
۳-۲-۳) ساختار داخلی خبره ها و میانجیگرها ۸۶
۳-۲-۴) الگوریتم یادگیری و آموزش شبکه ۸۶
۳-۳) آزمایشات انجام گرفته در فاز اول ۸۶
۳-۴) نتایج آزمایشات انجام گرفته در فاز اول ۸۷
۳-۵) نتیجه گیری فاز اول ۸۷
۳-۶) نتایج فاز نهایی ۸۸
۳-۶-۱) ضرب ماتریسی ۸۸
۳-۶-۲) تخمین تابع زیگموئید ۸۹
۳-۷) نتایج آزمایشات انجام گرفته در فاز نهایی ۹۰
فصل چهارم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۴-۱) جمع بندی نهایی ۹۴
۴-۲) کارهای آینده ۹۵
فصل پنجم : منابع مورد استفاده

فهرست شکل ها

صفحه

۱-۱) ساختار کلی یک سیستم شبیه سازی شده برای بازبینی چهره..... ۵

۱-۲) ساختار کلی یک سیستم شبیه سازی شده برای تعیین هویت چهره..... ۵

۱-۳) نمایش چگونگی تبدیل تصویر چهره به بردار چهره..... ۶

۱-۴) یک فضای دو بعدی به همراه دو مولفه اساسی مجموعه نمونه ها..... ۷

۱-۵) تعدادی از تصاویر ویژه بانک چهره ORL..... ۸

۱-۶) نمایش یک چهره توسط چهره های ویژه..... ۸

۱-۷) نمایش طریقه تبدیل تصاویر به ماتریس..... ۱۰

۱-۸) ایده کلی روش تجزیه مولفه های مستقل..... ۱۱

۱-۹) ایده کلی ساختار اول تجزیه مولفه های مستقل ۱۲

۱-۱۰) تعدادی از تصاویر پایه تجزیه مولفه های مستقل نوع اول برای مجموعه ORL..... ۱۲

۱-۱۱) ایده کلی ساختار دوم تجزیه مولفه های مستقل..... ۱۳

۱-۱۲) تعدادی از تصاویر پایه تجزیه مولفه های مستقل نوع دوم برای مجموعه ORL..... ۱۴

۱-۱۳) تعدادی از تصاویر پایه تجزیه جدا کننده خطی برای مجموعه ORL..... ۱۵

۱-۱۴) تطبیق چهره با اشکال هندسی از روبرو و نیم رخ ۱۶

۱-۱۵) نمایش طریقه گراف بندی چهره..... ۱۷

۱-۱۶) نمایش یک گراف چهره که به هر گره آن یک جت نسبت داده شده است..... ۱۸

۱-۱۷) سمت چپ یک گراف خوشه ای کشسان و سمت راست یک ایده تطبیق دادن آن ۱۸

۱-۱۸) تعدادی از تصاویر موجود در بانک چهره FERET برای یک شخص..... ۲۰

۱-۱۹) مجموعه ای از تصاویر موجود در بانک اطلاعاتی YALE برای یک فرد ۲۰

۱-۲۰) نمونه ای از تصاویر موجود در در بانک PIE برای یک شخص..... ۲۱

۱-۲۱) مجموعه ای از تصاویر موجود در بانک چهره ORL مربوط به یک شخص ۲۱

۱-۲۲) تغییراتی در ظاهر افراد متفاوت تحت نور پردازی یکسان و زوایای یکسان ۲۳

۱-۲۳) پاسخهائی از سلولهای وابسته به زاویه دید با وفق شدگی یک نمائی تا دید سه بعدی

پاسخ متوسط (±1SE) نمایش داده شده است. برای یک سلول ۸ زاویه دید سر. ۲۸

۱-۲۴) پاسخ سلولهای وابسته به زاویه دید سه نمایی ۲۹

۱-۲۵) پاسخ های یک سلول نمایش دهنده خواص مستقل از زاویه دید ۳۰

۱-۲۶) مثالی از یک نورون شیار گیجگاهی فوقانی قدامی ۳۲

۱-۲۷) بلوک دیاگرام یک سیستم ترکیبی..... ۴۰

۱-۲۸) بلوک دیاگرام سیستم اختلاط خبره ها..... ۴۵

۱-۲۹) ساختار شماتیک میانگین گیری دسته جمعی..... ۴۷

۱-۳۰) نمایی کلی از ساختار شبکه ۴۹

۱-۳۱) ساختار استک ۵۱

۱-۳۲) ساختار یک سیستم اختلاط خبره معمول که در آن کل زوایا به هر خبره داده می شود..... ۵۲

۱-۳۳) فضای ویژه کلی باز ساخته شده چهره ها در زوایای متفاوت ۵۳

۱-۳۴) ساختاری از سیستم طبقه بندی پیشنهاد شده..... ۵۴

۱-۳۵) مولفه های اساسی یک نورون مصنوعی..... ۵۵

۱-۳۶) پیاده سازی فرم زنجیری برای محاسبه ضرب داخلی..... ۵۹

۱-۳۷) پیاده سازی فرم درختی برای محاسبه ضرب داخلی..... ۶۰

۱-۳۸) معماری سخت افزاری تخمین تابع الیپی..... ۶۴

۱-۳۹) مقایسه تخمین الیپی با تابع زیگموئید ۶۴

۱-۴۰) خطای تخمین الیپی ۶۵

۲-۱) ساختار یک سیستم اختلاط خبره بهینه ۷۱

۲-۲) بلوک دیاگرام یک WROM جهت ذخیره سازی اوزان مربوط به یک لایه خبره ۷۵

۲-۳) بلوک دیاگرام یک TestROM جهت ذخیره سازی ۵۰ مولفه اصلی تصویر نمونه ۷۶

۲-۴) سخت افزار پایه ای برای درونیابی خطی-تکه ای ۸۱

۲-۵) سخت افزاری پایه ای و سریع برای تخمین تابعی ۸۱

۲-۶) خطای تخمین تابع زیگموئید در ۱۶ زیر بازه ۸۲

۲-۷) مشتق اول تابع خطا با حداقل مقادیر نزدیک نقطه وسط ۸۲

۳-۱) ایجاد تصاویر جدید با اعمال شدت روشنایی های متفاوت و اعمال نرم کننده گوسین ۸۵

۳-۲) اطلاعات مربوط به اجرای ضرب دو ماتریس به ابعاد ۵۱*۵۵ در ماتریس ستونی ۸۸

۳-۳) خروجی حاصل از شبیه سازی و پیاده سازی با کد verilog برای ضرب ماتریسی ۸۹

۳-۴) خروجی حاصل از ضرب ماتریسی در سطرهای چهارم، پنجم و ششم ۹۰

۳-۵) RTL شبیه سازی پیاده سازی با کد verilog ضرب ماتریس وزنها در مولفه های اساسی ۹۱

۳-۶) اطلاعات مربوط به پیاده سازی تابع زیگموئید ۹۲

۳-۷) خروجی حاصل از شبیه سازی و پیاده سازی با کد verilog تخمین تابع زیگموئید ۹۲

۳-۸) اطلاعات مربوط به شبیه سازی پیاده سازی سخت افزاری شبکه اختلاط خبره های بهینه ۹۳

فهرست جدول ها

۱-۱) سه روش استاندارد برای محاسبه ضرب ماتریسی ۶۱

۳-۱) نمایش نرخ بازشناسی مدلهای مختلف سیستم اختلاط خبره های مرسوم[۸و۷و۵] ۸۷

مقدمه

بازشناسی چهره در سالیان اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است تا بدانجا که بازشناسی چهره را به یکی از اصلی ترین زمینه های تحقیقاتی در بینایی ماشین، بازشناسی الگو و یادگیری ماشینی تبدیل کرده است.

فرایند بازشناسی چهره به صورت کلی به دو قسمت مجزا تقسیم می شود. آشکارسازی چهره[1] و شناسایی چهره[2]. در فرآیند آشکارسازی چهره، هدف پیدا کردن نواحی از تصویر است که شامل چهره باشد. در مباحث بعدی منظور از بازشناسی چهره همان شناسائی چهره می باشد.

پس از آشکارسازی این نواحی می بایست چهره را از تصویر استخراج و آماده مرحله شناسایی کرد. در مرحله شناسایی، یک سیستم با توجه به چهره های آموزش دیده شده، یک چهره را که شباهت بیشتر ی به چهره مورد نظر داشته باشد، انتخاب کرده و بعنوان فرد شناسایی شده در نظر می گیرد.

بازشناسی چهره را می توان به دو دسته کلی بازبینی چهره[3] و تعیین هویت چهره[4] تقسیم بندی کرد. که بازبینی چهره به مشخص کردن وجود یا عدم وجود چهره خاصی در یک مجموعه داده معلوم گفته می شود. اما تعیین هویت چهره برای معرفی یک چهره از مجموعه داده که بیشترین شباهت را به چهره ورودی دارد، گفته می شود.

تاکنون روشهای بسیار زیادی جهت بازشناسی چهره ارائه شده است که هر کدام دارای نقاط ضعف و قدرت مختص به خود می باشند. با وجود قدمت زیاد این زمینه و گستردگی روشها ی ارایه شده، روشی که بتواند ادعا نماید در تمامی شرایط دشوار دارای کارکرد بهتری نسبت به بقیه روشها است، گزارش نشده است. همچنین آزمایشات انجام شده نشان می دهد، چهره هایی که روشهای مختلف در بازشناسی آنها دچار اشتباه می شوند، یکسان نیستند و ممکن است یک روش با کارایی بالا در قبال یک تصویر دچار اشتباه گردد، در صورتی که یک روش با کارایی پایینتر قادر به بازشناسی درست آن باشد.

این مسئله از آنجا ناشی می شود که مجموعه داده هائی[5] که برای بازشناسی تصاویر بکار برده می شوند هر کدام دارای مشخصات منحصر بفردی می باشند. مسائلی که بود یا نبودشان ویژگی های بارزی را به چهره ی افراد می دهد یا از آنها می کاهد. می توان چنین بیان کرد که تصاویر گوناگون در نور پردازی های گوناگون گرفته شده اند، یا دوری ونزدیکی دوربین به فرد، داشتن یا عدم داشتن ریش یا

[1] Face Detection
[2] Face Recognition
[3] Face Verification
[4] Face Identification
[5] Database

سبیل، آرایش کردن یا نکردن، گذشت زمان، عینک داشتن یا نداشتن، حالات مختلف چهره (گریان، خندان، اخمو، ترسان وغیره) ویا تغییرات زاویه سر وغیره عوامل مهمی هستند که روشهای گوناگون را با مشکلاتی جدی مواجه کرده وآنها را در بازشناسی برخی چهره ها با مشکلی اساسی مواجه می کند. با در نظرگرفتن موارد مذکوربه نظر می رسد یک روش ترکیبی مناسب بتواند برمشکلات مذکورغلبه کند، به شرط آنکه بتواند نقاط ضعف و قدرت هر روش را منظور کرده و آن را در جواب نهایی تاثیر دهد.

مسئله دیگری که مطرح می شود اینست که طبقه بندهای مختلف بایستی در حل یک مسئله به صورت مستقل از همدیگر عمل کنند و جواب هایی که هر طبقه بند به دست می آورد، هر کدام از دیدگاهی متفاوت باشد وهر طبقه بند ابعاد مختلفی از مسئله را موشکافی کرده باشد تا نتیجه ترکیب آنها یک نتیجه بهتری را به دست آورد. این مسئله از آنجا ناشی می شود که اگر نتایج طبقه بند های مختلف، با هم یکی باشد ترکیب نتیجه آنها هیچ سودمندی نخواهد داشت بلکه یک ساختار پیچیده ای هم به ارمغان خواهد آورد.

از سوی دیگر ساختارهای یادگیری تجمعی[۶] یا ماشینهای مشاور[۷] که از جمله مباحث مطرح در یادگیری ماشین می باشند، راهکارهایی جهت ترکیب روشهای مختلف را به ما ارائه می نمایند.

پیاده سازی سخت افزاری راهکاری مناسب جهت سرعت بخشیدن به بازشناسی مورد نظر می باشد. که با انتخاب FPGA مناسب میتوان به این مهم دست یافت. که با پیاده سازی مناسب نرم افزاری، سخت افزاری مناسب و با دقت قابل قبول ایجاد خواهد شد و برای کاربردهایی که نیاز به بازشناسی سریع با دوربین های مدار بسته نصب شده در مکانهای خاص دارند مفید خواهد بود.

[6] Ensemble Based Learning
[7] Committee Machines

فصل اول

مفاهیم اولیه و بررسی منابع

۱-۱) مقدمه

بازشناسی چهره در سالیان اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. هر ساله مطالعات زیادی در این زمینه انجام می شود که هر یک سعی در ارائه یک روش جدید با نرخ بازشناسی بالاتر دارند. فرآیند بازشناسی چهره را میتوان بدین صورت تعریف نمود: گرفتن یک تصویر چهره به عنوان ورودی و شناسایی آن با توجه به چهره های دیده شده در گذشته. بازشناسی چهره، نه تنها به علت کاربردهای فراوان در زمینه های امنیتی و اداری دارای اهمیت بسیاراست، بلکه از آنجا که یک مساله عمومی شناسایی الگو[۸] می باشد، راهکارهای ارائه شده برای آن، می توانند در زمینه ها ی دیگر مسائل طبقه بندی[۹] مفید باشند.

مساله بازشناسی چهره از دو مشکل عمده رنج می برد. تغییرات نور و تغییرات زاویه سر. هر روش بنا به چگونگی عملکرد، دارای کارایی متفاوتی تحت شرایط مختلف نور و زاویه سر می باشد.

بازشناسی چهره را می توان به دو دسته اساسی تقسیم نمود:

۱) بازبینی چهره: همانطوری که در شکل (۱-۱) مشخص است تصویر فردی در یک موقعیت تصادفی ودر یک موضع[۱۰] خاص به سیستم بازشناسی چهره داده می شود، سیستم بعد از یک سری پیش پردازش (فیلتر کردن، برش زدن حاشیه تصاویر، کاهش بعد و غیره) به این موضوع رسیدگی می کند که آیا نمونه ای از تصویر این فرد درداخل مجموعه داده وجود دارد یا نه. مثلا چهره فرد سابقه دار است یا نه.

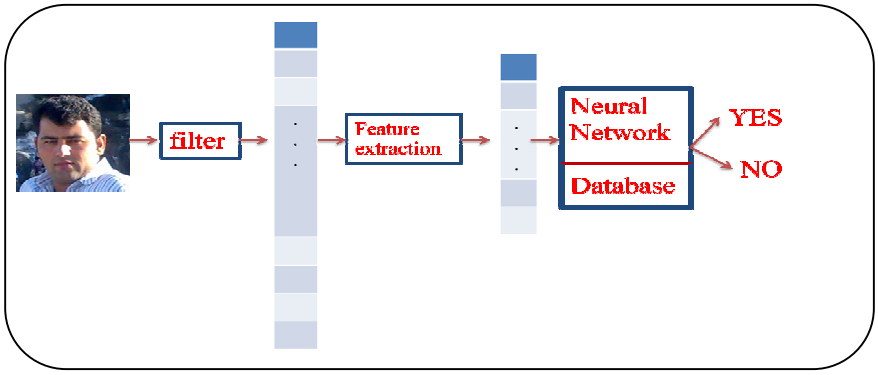
۲) تعیین هویت چهره: همانطوری که در شکل (۱-۲) مشخص است تصویر فردی در یک موقعیت تصادفی و در یک موضع خاص به سیستم بازشناسی چهره داده می شود، سیستم بعد از یک سری پیش پردازش (فیلتر کردن، برش زدن حاشیه تصاویر، کاهش بعد وغیره) به بررسی شباهت بین تصویر ورودی ونمونه تصاویر آموزش[۱۱] دیده می پردازد ودر صورتی که خوب آموزش دیده باشد می تواند یک رابطه بین تصویر ورودی ونمونه های مشابه آن برقرار کرده و هویت تصویر ورودی را مشخص نماید.

بازبینی وتشخیص هویت چهره در جامعه کاربردهای عملی فراوانی دارد که به صورت عمده در سیستمهای امنیتی بکار گرفته شده اند که در زیر به چندین کاربرد مهم اشاره می شود.

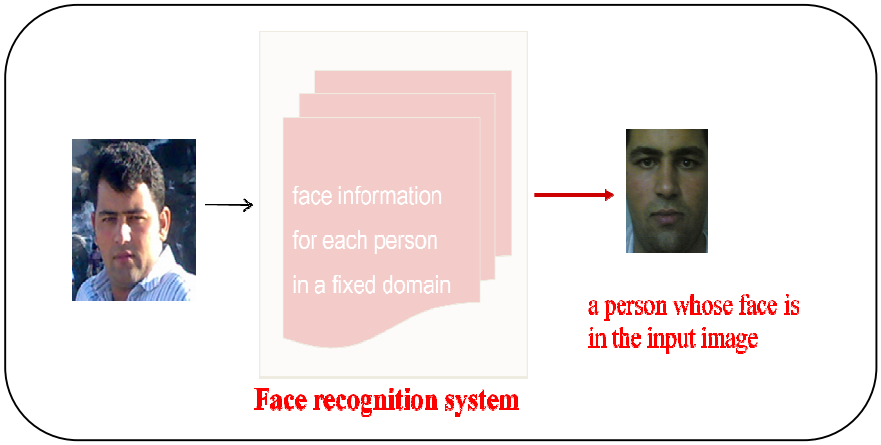
- ✓ شناسائی سریع مجرمان
- ✓ ایمنی
- ✓ کارتهای هوشمند

[8] Pattern Recognition
[9] Classification
[10] Position
[11] Learning

- ✓ فرودگاه ها وایستگاه های راه آهن
- ✓ قاچاق
- ✓ اداره جات دولتی وخصوص



شکل ۱-۱: ساختار کلی یک سیستم شبیه سازی شده برای باز بینی چهره



شکل۱-۲: ساختار کلی یک سیستم شبیه سازی شده برای تعیین هویت چهره

روشهای بازشناسی چهره از دو دیدگاه قابل بررسی اند:

۱) برمبنای ویژگیهای تصویر چهره: شامل روشهایی مانند ویژگیهای هندسی چهره، فاصله اقلیدسی، گراف خوشه ای کشسان[۱] و غیره می باشد.

۲) به صورت کل نگری به تصویر چهره: سه روش معروف این راهکار در زیر آمده است:

- PCA[12] (تصاویر ویژه)
- ICA[13]
- LDA[14] (تصاویر فیشر)

در این قسمت فقط به توضیح بیشتر روشهای کل نگری به تصویر چهره می پردازیم.

۱-۲) روشهای کل نگری به تصویر چهره

۱-۲-۱) PCA:

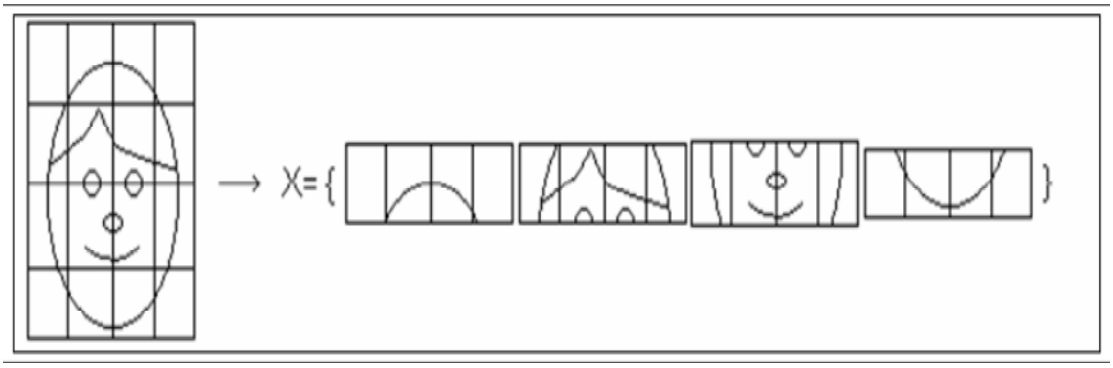
روش تجزیه مولفه های اساسی که به PCA مشهوراست، یکی از مشهورترین و پرکاربردترین الگوریتمهای به کار رفته در مسایل بازشناسی الگو می باشد[۳و۲].

کارایی بالای این روش در کاهش ابعاد، سبب شده است از آن به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در روشهای دیگر استفاده گردد. بنا به اهمیت این روش و همچنین توضیح چگونگی کارکرد روشهای کل نگری به تصویر چهره، این روش را به صورت نسبتاً جامع بررسی می نماییم.

۱-۲-۱-۱) تبدیل تصویر چهره به یک بردار

تصویرهر چهره را می توان به صورت یک بردار یک بعدی در نظر گرفت. اگر عرض و طول تصویر را به صورت h وw در نظر بگیریم این بردار دارای $w.h$ مولفه خواهد بود.

شکل (۱-۳) چگونگی این تبدیل را نشان می دهد

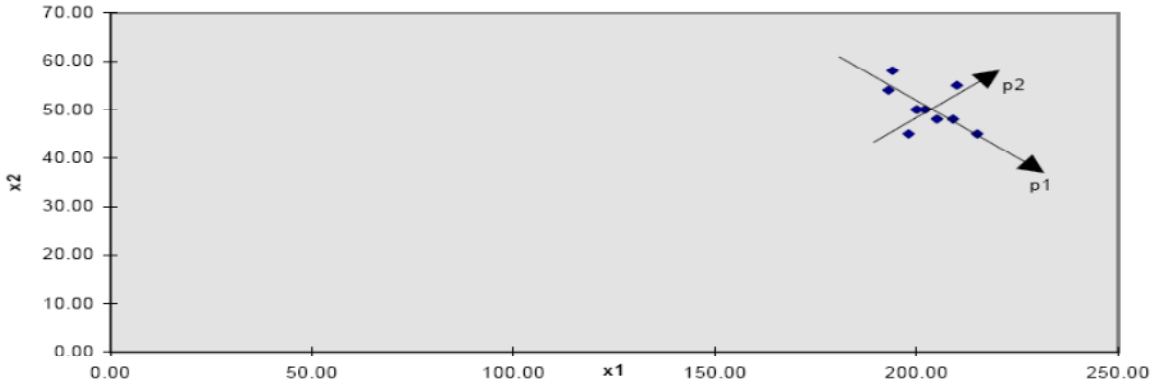


[12] Principle Component Analysis
[13] Independent Component Analysis
[14] Linear Discriminant Analysis

شکل۱-۳: نمایش چگونگی تبدیل تصویرچهره به بردار چهره[۴]

۱-۲-۱-۲) فضای چهره و فضای تصویر

یک عنصر از بردار چهره معرفی شده در قسمت قبل را میتوان به صورت یک نقطه در فضای $w.h$ بعدی در نظر گرفت که این فضا را فضای تصویر می نامیم. از آنجایی که تصویر تمامی چهره ها از لحاظ کلی شبیه به یکدیگر می باشند، تمامی چهره ها در یک ناحیه کوچک در این فضای تصویر قرار می گیرند [۵]. واضح است که این فضا، یک فضای بهینه جهت توصیف چهره ها نمی باشد. در اینجا هدف ایجاد یک فضای جدید به نحوی است که بتواند با ابعاد کمتر و به صورت موثرتر این کار را انجام دهد (فضای چهره). تفاوت روشهای مختلف بصورت کل نگری به تصویر چهره، در چگونگی ایجاد فضای چهره می باشد. درروش تجزیه مولفه های اصلی هدف انتخاب بردارهای پایه ی فضای چهره به صورتی است که در صورت تصویر شدن نمونه ها بر بردارهای پایه، اختلاف نمونه ها بیشینه گردد. بردارهای پایه فضای چهره، مولفه های اساسی نامیده می شوند. در شکل (۱-۴) یک نمونه از فضای دو بعدی به همراه مولفه های اساسی آن نشان داده شده است.



شکل۱-۴: یک فضای دو بعدی به همراه دو مولفه اساسی مجموعه نمونه ها. P1 و P2 دو بردار مولفه اساسی[۴]

۱-۲-۱-۳) صورتهای ویژه[15]

چنانچه ما یک مجموعه از چهره ها داشته باشیم و بخواهیم مولفه های اساسی این مجموعه را به دست آوریم، از آنجا که خود این مولفه ها دارای ابعادی مشابه تصویر اصلی هستند، قابل نمایش

[15] Eigenfaces

می باشند. از این رو به هر کدام از این مولفه ها یک صورت ویژه گفته می شود. در شکل (۱-۵) تعدادی ازاین صورتهای ویژه که برای مجموعه ORL (در ادامه معرفی خواهد شد) محاسبه شده اند، نمایش داده شده است.

شکل۱-۵: تعدادی از تصاویر ویژه بانک چهرهORL [۴]

چنانچه یک چهره را بر روی این تصاویر ویژه، تصویر نماییم، تعدادی ضریب به دست می آید که تشکیل دهنده بردار خصوصیت آن چهره است (شکل ۱-۶).

شکل ۱-۶: نمایش یک چهره توسط چهره های ویژه. مجموعه ضرایب، بردار ویژگی چهره را مشخص می نماید.[۴]

۱-۲-۱-۴) به دست آوردن مولفه های اساسی یک مجموعه

فضای تصویر به شدت افزونگی دارد و این افزونگی از این نکته ناشی می شود که هر پیکسل به پیکسلهای دیگر وابسته است. ماتریس کواریانس بیان کننده وابستگی پیکسل ها به یکدیگر می باشد (رابطه ۱-۱).

$$X.X^T = \begin{bmatrix} \sigma^X_{11} & \sigma^X_{12} & \dots & \sigma^X_{1,w.h} \\ \sigma^X_{21} & \sigma^X_{22} & \dots & \sigma^X_{2,w.h} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma^X_{w.h,1} & \sigma^X_{w.h,2} & \dots & \sigma^X_{w.h,w.h} \end{bmatrix} \qquad (۱-۱)$$

در رابطه (۱-۱) σ_{ij} بیانگر کواریانس میان پیکسل i ام و j ام می باشد. هدف ساختن یک فضای جدید به صورتی است که مولفه های آن ازهمدیگر مستقل باشند. برای این موضوع، می بایست ماتریس کوواریانس آن قطری شود. این بدان مفهوم است که شباهت هر مولفه (پایه فضای جدید) با خودش بیشینه و با

مولفه های دیگر صفر گردد. بردارهای ویژه متناظر با ماتریس کواریانس دارای این خصوصیت می باشند که از طریق روشهای جبری قابل محاسبه هستند.

$$c.e_i = \lambda_i.e_i \qquad (۲-۱)$$

در رابطه (۱-۲)، c ماتریس کواریانس، e_i بردارهای ویژه و λ_i مقادیر ویژه متناظر با c می باشند.

۱-۲-۱-۵) بازشناسی چهره با استفاده از تجزیه مولفه های اساسی

هدف نهایی روش تجزیه مولفه های اصلی کاهش ابعاد فضای نمونه است. با اعمال این تبدیل بر روی یک مجموعه داده، فضای جدیدی به وسیله مولفه های اساسی آن به وجود می آید که دارای ابعادی برابر با ابعاد فضای اولیه است. ولی به علت خاصیت PCA که بردارهای فضای جدید را در راستای بیشترین اختلاف، انتخاب می کند، چنانچه تنها تعدادی از مولفه های اساسی که متناظر با بزرگترین مقادیر ویژه هستند را برای نمایش فضای جدید انتخاب نماییم، می توانیم تا حد زیادی مطمئن باشیم که اطلاعات مربوط به تمایز نمونه ها حفظ شده است. چنانچه بخواهیم یک الگوریتم جهت بازشناسی چهره با استفاده از مولفه های اساسی بیان نماییم، به صورت زیر خواهد بود[۹-۶].

۱. تبدیل n نمونه آموزشی w.h بعدی به یک ماتریس Xn ,w.h بعدی

۲. به دست آوردن ماتریس کواریانس X بنام V

$$V = X \,.\, X^T \qquad (۳-۱)$$

۳. تعیین بردارهای ویژه و مقادیر ویژه ماتریس V

$$Q = \text{eigenvector}(V)$$
$$\Lambda = \text{eigenvalue}\ (V)$$