٨٧/١/١٠٥٧٥٢
٨٧/١١/٣٥

١٠٨٤٥٢

۸۷/۱۱/۱۰۸۷۰۲
۸۷/۱۱/۴۰

دانشگاه یزد
مجتمع فنی مهندسی
دانشکده مهندسی برق

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی برق (مخابرات)

عنوان:
ادغام معیارهای شباهت سنجی در سیستم‌های تایید چهره

استاد راهنما: دکتر محمد تقی صادقی

استاد مشاور: دکترسید محمد تقی المدرسی

پژوهش و نگارش: معصومه سمیعی

۱۳۸۷ /۹/ ۲۳

بهمن ماه ۱۳۸۶

۱۰۸۴۵۲

تقدیم به روح مهربان **پدرم**

و تقدیم به **مادر عزیزم**

و تمام کسانی که

همواره مشوق راهم و چشم‌انتظار موفقیت‌هایم هستند

و همه آنهایی که دوستشان دارم...

تشکر و قدردانی:

سپاس خدایی را که هر چه دارم، همه از لطف بیکران اوست. خدایی که خوب است و مهربان و بخشنده.

بر خود لازم می‌دانم از **جناب آقای دکتر محمد تقی صادقی** که طی طریق این پایان‌نامه مرهون راهنمایی و شکیبایی ایشان است، از **جناب آقای دکتر سید محمد تقی المدرسی** که زحمت مشاوره‌ی این کار را تقبل نمودند، از **جناب آقای دکتر قاسم میرجلیلی** و **جناب آقای دکتر محمد شهرام معین** که این افتخار را داشتم که داوری پایان‌نامه توسط ایشان انجام شود تشکر و قدردانی کنم.

از دوستان خوبم علیرضا سلیمی، مرضیه بابایی ربیعی، سارا طالعات و فهیمه حبیب اللهی که حضورشان مایه دلگرمی بود، سپاسگزارم.

در پایان از مرکز تحقیقات مخابرات ایران که حمایت از این پروژه را بر عهده گرفتند و همچنین از مرکز تحقیقات مهندسی دانشگاه یزد که در طول انجام این پروژه مرا یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی	صورتجلسه دفاعیه پایان نامه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد	شناسه: ب/ک/۳

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای/ خانم: معصومه سمیعی دانشجوی کارشناسی ارشد

رشته/گرایش: مهندسی برق – مخابرات

تحت عنوان: ادغام معیارهای شباهت سنجی درسیستم های تائید چهره

و تعداد واحد: ۶ درتاریخ ۱۳/ ۱۱ / ۱۳۸۶ باحضور اعضای هیأت داوران (به شرح ذیل) تشکیل گردید.

پس از ارزیابی توسط هیأت داوران، پایان‌نامه با نمره: به عدد ۱۹/۹ به حروف نوزده و نهم

و درجه عالی مورد تصویب قرارگرفت.

عنوان	نام و نام خانوادگی	امضاء
استاد/ استادان راهنما:	دکتر محمد تقی صادقی	
استاد/ استادان مشاور:	دکترسید محمد تقی المدرسی	
متخصص وصاحبنظرداخلی:	دکتر قاسم میرجلیلی	
متخصص و صاحبنظر خارجی:	دکتر محمد شهرام معین	

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام ونام خانوادگی: سید محسن میرحسینی

امضاء:

چکیده

در سیستم‌های تایید چهره به‌علت محدود بودن تعداد داده‌های آموزشی، طبقه بندی کننده‌های مبتنی بر معیارهای شباهت‌سنجی اهمیت خاصی دارد. در این پژوهش ادغام طبقه بندی کننده‌های مبتنی بر معیارهای شباهت سنجی، در سیستم تایید چهره مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ابتدا عملکرد یک سیستم تایید چهره با استفاده از معیارهای شباهت سنجی متفاوت ارزیابی می‌شود. یکی از موثرترین معیارها برای این منظور معیار جهت گرادیان است. در این پژوهش نشان داده شده است که با بهینه سازی وفقی این معیار، می‌توان کیفیت عملکرد سیستم را بهبود بخشید به گونه‌ای که در مجموع این معیار بهتر از سایر معیارهای دیگر عمل می‌کند.

با توجه به این‌که طبقه بندی کننده‌های متفاوت در شرایط متفاوت، یکسان عمل نمی‌کنند، به‌منظور انتخاب طبقه بندی کننده‌های بهینه، روش‌های انتخاب طبقه بندی کننده‌ها ارائه می‌شود. همچنین به‌منظور ادغام طبقه بندی کننده‌های انتخاب شده، تکنیک‌های متفاوت غیرآموزشی و آموزشی مانند متوسط گیری حسابی، رای گیری و طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین روشی نوین برای متوسط گیری وزن دار داده‌ها ارائه می‌گردد. از آن جایی‌که روش مورد استفاده جهت استخراج ویژگی‌ها تاثیر مستقیمی بر عملکرد معیارهای شباهت سنجی به‌کار رفته دارد، به‌منظور افزایش دقت سیستم ادغام طبقه بندی کننده‌ها در دو زیر فضای PCA و LDA با طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان نیز مورد بررسی واقع می‌شود.

به‌منظور بررسی الگوریتم‌های ارائه شده از پایگاه داده BANCA استفاده شده است. این پایگاه داده دارای ۷ پروتکل آزمایشی مختلف بوده که شرایط متفاوت در سیستم‌های تایید چهره را شبیه سازی می‌نمایند.

نتایج حاصله نشانگر آن است که ادغام طبقه بندی کننده‌های مبتنی بر معیارهای شباهت سنجی کارایی سیستم را به حد چشمگیری بهبود می‌بخشد. همچنین در مجموع استفاده از

ماشین بردار پشتیبان و متوسط گیری وزن دار با استفاده از تکنیک LDA نسبت به سایر روش‌های دیگر ادغام مناسبتر است.

عنوان:

فهرست جداول د

فهرست شکل‌ها ر

فهرست نمودارها ش

واژه نامه ط

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ سیستم‌های بیومتریک ۲

۱-۲-۱ حوزه‌های کاربردی سیستم‌های بیومتریک ۴

۱-۲-۲ حالت‌های سیستم‌های بیومتریک ۵

۱-۲-۳ سیستم تایید چهره ۷

۱-۳ معیارهای شباهت سنجی در سیستم تایید چهره ۹

۱-۴ ادغام دسته بندی کننده‌های مبتنی بر معیارهای شباهت سنجی ۱۰

۱-۵ ساختار پایان نامه ۱۰

فصل دوم:آشنایی با سیستم‌های تایید چهره

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ تصویربرداری و آشکارسازی چهره ۱۳

۲-۳ پیش پردازش ۱۳

۲-۳-۱ نرمالیزاسیون هندسی ۱۴

۲-۳-۱ نرمالیزاسیون نوری ۱۵

۲-۴ استخراج ویژگی ۱۷

۲-۴-۱ آنالیز مولفه‌های اساسی (PCA) ۱۷

۲-۴-۲ آنالیز تفکیک کننده خطی(LDA) ۱۸

۲-۴-۳ آنالیز مولفه‌های مستقل (ICA) ۲۰

۲-۴-۳-۱ ساختار اول: تصاویر پایه مستقل آماری ۲۰

۲-۴-۳-۲ بررسی ساختار دوم ۲۲

۲-۵ تصمیم گیری ۲۳

۲-۶ جمع بندی ۲۴

فصل سوم: معرفی معیارهای شباهت‌سنجی

۳-۱ مقدمه ۲۵

۳-۲ معیارهای شباهت سنجی مبتنی بر نسبت شبیه نمایی ۲۵

۳-۳ معیارهای شباهت سنجی مبتنی بر فاصله ۲۷

۳-۳-۱ معیار Minkowski (Lp) ۲۷
۳-۳-۲ فاصله اقلیدسی ۲۸
۳-۳-۳ معیار فاصله منهاتان ۳۰
۳-۳-۴ معیار فاصله چبی شف ۳۱
۳-۳-۵ معیار فاصله زاویه ۳۱
۳-۳-۶ معیار فاصله بر مبنای ضرایب همبستگی ۳۲
۳-۳-۷ معیار فاصله Mahalanobis ۳۲
۳-۳-۸ معیار فاصله هیستوگرام ۳۳
۳-۳-۹ معیار فاصله تربیعی ۳۴
۳-۳-۱۰ معیار فاصله باتاچاریا ۳۴
۳-۳-۱۱ روش‌های مبتنی بر ممان مرکزی ۳۵
۳-۳-۱۲ معیار Czekanowski Coefficient ۳۵
۳-۳-۱۳ معیار فاصله جهت گرادیان ۳۶
۳-۴ معیارهای مبتنی بر ضرایب همبستگی ۳۷
۳-۴-۱ معیار همبستگی نرمالیزه شده ۳۸
۳-۴-۲ معیار شباهت‌سنجی مبتنی بر ضرایب همبستگی ۳۹

۳-۵ جمع بندی ۳۹

فصل چهارم: ادغام دسته بندی کننده‌های مبتنی بر معیارهای شباهت سنجی

۴-۱ مقدمه ۴۰

۴-۲ روش‌های متداول ادغام ۴۱

۴-۲-۱ روش‌های غیرآموزشی ۴۲

۴-۲-۲ روش‌های آموزشی ۴۳

۴-۲-۲-۱ متوسط گیری وزن دهی شده ۴۳

۴-۲-۲-۲ شبکه عصبی ۴۶

۴-۲-۲-۳ ماشین بردار پشتیبان ۴۹

۴-۲-۲-۳-۱ دسته بندی کننده خطی با داده‌های جدا شدنی به‌صورت خطی ۵۴

۴-۲-۲-۳-۲ دسته بندی کننده خطی با داده‌های جدا نشدنی به‌طور خطی ۵۶

۴-۲-۲-۳-۳ دسته بندی کننده غیر خطی ۵۹

۴-۲-۲-۳-۴ انتخاب کرنل ۶۲

۴-۳ روش‌های انتخاب ۶۴

۴-۳-۱ الگوریتم‌های جستجوی ترتیبی ۶۴

۴-۳-۱-۱ روش جستجوی ترتیبی پیش رونده (SFS) ۶۵

۴-۳-۱-۲ روش جستجوی ترتیبی بازگشتی (SBS) ۶۵

۴-۳-۱-۳ روش‌های جستجوی ترتیبی L گام به جلو و R گام بازگشتی (L-R+) ۶۵

۴-۳-۲ انتخاب بر اساس میزان سطح اطمینان دسته بندی کننده‌ها ۶۶

۴-۴ نتیجه گیری ۶۷

فصل پنجم: چگونگی انجام آزمایش‌ها و نتایج

۵-۱ مقدمه ۶۸

۵-۲ پایگاه داده BANCA ۶۹

۵-۳ پارامترهای ارزیابی ۷۲

۵-۳-۱ خطای پذیرش نادرست (FAR) ۷۳

۵-۳-۲ خطای رد نادرست (FRR) ۷۳

۵-۴ قاعده تصمیم گیری ۷۵

۵-۴-۱ ماشین بردار پشتیبان ۷۵

۵-۴-۲ آستانه گذاری ۷۵

۵-۴-۲-۱ تعیین سطح آستانه کلی ۷۶

۵-۴-۲-۲ تعیین سطح آستانه برای هر کاربر ۷۷

۵-۵ چگونگی عملکرد سیستم تایید چهره با استفاده از معیارهای مورد نظر ۷۷

۵-۶ نتایج آزمایش‌ها ۷۸

۵-۶-۱ بهینه سازی معیار جهت گرادیان ۷۹

۵-۶-۲ مقایسه عملکرد معیارهای سنجش شباهت ۸۱

۵-۶-۲-۱ تصمیم گیری با دسته بندی کننده ماشین بردار پشتیبان ۸۱

۵-۶-۲-۲ نتایج آستانه‌گذاری کلی ۸۳

۵-۶-۲-۳ نتایج آستانه گذاری CST ۸۴

۵-۶-۲-۳مقایسه روش‌های تصمیم گیری ۸۵

۵-۷ روش‌های ادغام دسته بندی کننده‌ها ۸۷

۵-۷-۱ روش‌های غیر آموزشی ۸۷

۵-۷-۲ روش‌های آموزشی ۸۹

۵-۷-۲-۱ نتایج متوسط گیری وزن دار ۸۹

۵-۷-۲-۲ قاعده ادغام مبتنی بر ماشین بردار پشتیبان ۹۲

۵-۸ ترکیب روش‌های انتخاب دسته بندی کننده‌ها و ادغام ۹۴

۵-۸-۱ ترکیب روش انتخاب سطح اطمینان و رای گیری ۹۴

۵-۸-۲ ترکیب SFS و ماشین بردار پشتیبان ۹۶

۵-۸-۳ ترکیب روش ۲ گام به جلو و ۱ گام به عقب (+۲-۱) و SVM ۹۹

۵-۹ زیرفضای PCA ۱۰۰

۵-۹-۱ نتایج تصمیم گیری ۱۰۰

۵-۹-۲ ادغام دسته بندی کننده‌ها در دو زیرفضای استخراج ویژگی PCA و LDA ۱۰۳

۵-۹-۲-۱ ساختار اول OR ۱۰۳

۵-۹-۲-۲ ساختار دوم AND ۱۰۵

۵-۱۰ جمع بندی ۱۰۷

فصل ششم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۶-۱ مقدمه ۱۰۹

۶-۲ پیشنهاداتی برای کارهای آینده ۱۱۱

مراجع ۱۱۳

فهرست جداول

جدول (۵-۱): نحوه توزیع پروتکل‌های پایگاه داده ۷۲

جدول (۵-۲): مقادیر بهینه انتخاب شده پارامتر انحراف معیار ۸۱

جدول (۵-۳): نتایج تصمیم گیری *SVM* با معیار *GD* برای داده‌های نیم خودکار و خودکار ۸۲

جدول (۵-۴): نتایج آستانه گذاری کلی با معیار *GD* برای داده‌های نیم خودکار و خودکار ۸۴

جدول (۵-۵): نتایج آستانه گذاری *CST* با معیار *GD* برای داده‌های نیم خودکار و خودکار ۸۵

جدول (۵-۶): نتایج تصمیم گیری برای داده‌های نیم خودکار ۸۶

جدول (۵-۷): نتایج تصمیم گیری برای داده‌های خودکار ۸۶

جدول (۵-۸) : نتایج روش ادغام میانگین حسابی برای داده‌های نیم خودکار ۸۸

جدول (۵-۹) : نتایج روش ادغام میانگین حسابی برای داده‌های خودکار ۸۸

جدول (۵-۱۰): نتایج ادغام با متوسط گیری وزن دار برای داده‌های نیم خودکار ۹۰

جدول (۵-۱۱): نتایج ادغام با متوسط گیری وزن دهی شده برای داده‌های خودکار ۹۰

جدول (۵-۱۲): نتایج تصمیم گیری معیار جهت گرادیان و ادغام میانگین حسابی برای داده‌های نیم خودکار و خودکار پایگاه داده ۹۱

جدول (۵-۱۳): نتایج ادغام داده‌های نیم خودکار با استفاده از ماشین بردار پشتیبان ۹۲

جدول (۵-۱۴): نتایج ادغام داده‌های خودکار با استفاده از ماشین بردار پشتیبان ۹۳

جدول (۵-۱۵): نتایج تصمیم گیری *GD*، ادغام متوسط گیری وزن دار و *SVM* پروتکل *G* نیم خودکار ۹۴

جدول (۵-۱۶): نتایج ترکیب روش انتخاب سطح اطمینان و رای گیری داده‌های نیم خودکار ۹۵

جدول (۵-۱۷): نتایج ترکیب روش انتخاب سطح اطمینان و رای گیری داده‌های خودکار ۹۵

جدول (۵-۱۸): نتایج برای داده‌های نیم خودکار با استفاده از روش انتخاب*SFS* و ادغام با *SVM* ۹۷

جدول (۵-۱۹): نتایج برای داده‌های خودکار با استفاده از روش انتخاب*SFS* و ادغام با *SVM* ۹۸

جدول (۵-۲۰): نتایج ترکیب روش انتخاب +۲-۱ و *SVM* داده‌های نیم خودکار ۹۹

جدول (۵-۲۱): نتایج ترکیب روش انتخاب +۲-۱ و *SVM* داده‌های خودکار ۹۹

جدول (۵-۲۲): نتایج تصمیم گیری معیار *GD* داده‌های نیم خودکار با استفاده از دو روش استخراج ویژگی *PCA* و *LDA* ۱۰۱

جدول (۵-۲۳): نتایج ادغام با میانگین حسابی داده‌های نیم خودکار در ساختار *OR* ۱۰۴

جدول (۵-۲۴): نتایج ادغام با استفاده از دسته بندی کننده *SVM* در ساختار *OR* برای داده‌های نیم خودکار و خودکار ۱۰۵

جدول (۵-۲۵): نتایج ادغام دسته بندی کننده‌ها با استفاده از دسته بندی کننده *SVM* در ساختار *AND* برای داده‌های نیم خودکار و خودکار ۱۰۶

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱): نمونه‌ای از ویژگی‌های بیومتریکی ۳

شکل (۱-۲): الف) سیستم تایید هویت بر اساس هندسه دست ب) سیستم کنترل عبور و مرور با بکارگیری اثر انگشت، پ) سیستم تایید هویت با استفاده از اثر انگشت برای ورود به سیستم‌ها، ت) سیستم خودپرداز با استفاده از اطلاعات چهره و ث) سیستم تایید هویت با استفاده از اسکن دست ۵

شکل (۱-۳): بلوک دیاگرام یک سیستم تایید چهره ۷

شکل (۲-۱): دو تصویر چهره متعلق به یک نفر در شرایط نورپردازی مختلف، معیار شباهت سنجی مبتنی بر فاصله اقلیدسی قادر به دسته بندی صحیح تصاویر نیست ۱۵

شکل (۲-۲): تصاویر در X به‌صورت ترکیب خطی از تصاویر پایه مستقل خطی S در نظر گرفته می‌شوند ۲۱

(۲-۳): ترکیب خطی تصاویر پایه مستقل (سطرهای ماتریس U) توسط ضرایب b برای بیان هر تصویر ورودی X ۲۱

شکل(۳-۱): منحنی‌های فواصل اقلیدسی ثابت ۲۸

شکل(۳-۲): چگونگی دسته بندی نمونه‌ها با استفاده از معیار فاصله اقلیدسی ۲۹

شکل(۳-۳): منحنی‌های فواصل منهاتان ثابت ۳۰

شکل(۳-۴): منحنی‌های فواصل چبی شف ثابت ۳۱

شکل(۳-۵): منحنی‌های فواصل *Mahalanobis* ثابت ۳۳

شکل (۳-۶): محاسبه فاصله با استفاده از معیار جهت گرادیان در فضای دو بعدی ۳۷

شکل (۳-۷): چگونگی دسته بندی نمونه‌ها با استفاده از معیار همبستگی نرمالیزه ۳۹

شکل(۴-۱): شمای یک سلول عصبی انسان ۴۶

شکل(۴-۲): شمای یک سلول عصبی مصنوعی ۴۷

شکل(۴-۳): شمای یک شبکه عصبی چندلایه ۴۹

شکل (۴-۴): سه نقطه در فضای دو بعدی که با خطوط جهت دار از هم جدا شده‌اند ۵۱

شکل (۴-۵): فوق صفحه جدا کننده در شرایطی که داده‌ها به‌طور خطی جداپذیرند. بردارهای پشتیبان با دایره نشان داده شده است. ۵۶

شکل (۴-۶): فوق صفحه جدا کننده برای داده‌های نویزی ۵۶

شکل (۴-۷): دسته بندی کننده خطی سمت چپ: داده‌های جداشدنی و سمت راست: داده‌های جدانشدنی ۵۹

شکل (۴-۸): نگاشت داده‌های آموزشی غیر خطی به فضایی از ویژگی‌ها با ابعاد بالاتر با تابع ϕ ۶۰

شکل (۴-۹): نمونه‌ای از یک دسته بندی کننده غیر خطی ۶۱

شکل (۴-۱۰): مثالی از تقسیم بندی غیر خطی با کرنل گوسی بر روی داده‌های قسمت الف به این ترتیب که ناحیه سفید منطبق بر کلاس مثبت(•) و ناحیه سیاه منطبق با کلاس منفی(*) می‌باشد. الف: داده‌های آموزشی ب: کرنل گوسی با $\sigma = 50$ ج: کرنل گوسی با $\sigma = 10$ د: کرنل گوسی با $\sigma = 1000$ ۶۳

شکل (۴-۱۱): منحنی تغییرات خطا نسبت به مقادیر مختلف σ ۶۴

شکل (۵-۱): نمونه‌ای از تصاویر پایگاه داده *BANCA* در شرایط مختلف تصویر برداری: ردیف بالا در شرایط کنترل شده، ردیف وسط در شرایط تنزل داده شده و ردیف آخر در شرایط ناسازگار ضبط شده‌اند ۷۰

شکل (۵-۲): ساختار پیشنهاد شده برای بازشناسی و تایید چهره با ادغام دو زیرفضا ۱۰۲

فهرست نمودار

نمودار (۵-۱): رابطه بین پارامترهای ارزیابی سیستم (*FAR* و *FRR*) در منحنی مشخصه. نقطه خطای برابر می‌تواند جهت تعیین سطح آستانه به‌کار رود. ۷٤

نمودار (۵-۲): نمودار تغییرات خطاهای مرحله ارزیابی و آزمایش سیستم نسبت به پارامتر انحراف معیار با استفاده از معیار *GD* در پروتکل‌های *Mc* و *P* داده‌های نیم خودکار ۸۰

نمودار (۵-۳): نتایج خطای کل الف) مرحله ارزیابی و ب) مرحله آزمایش با استفاده از *SVM* روش برای داده‌های نیم خودکار ۸۲

نمودار (۵-۴): نتایج خطای کل الف) مرحله ارزیابی و ب) مرحله آزمایش با استفاده از روش *SVM* برای داده‌های خودکار ۸۲

نمودار (۵-۵): نتایج خطای کل الف) مرحله ارزیابی و ب) مرحله آزمایش با استفاده از روش آستانه گذاری کلی برای داده‌های نیم خودکار ۸۳

نمودار (۵-۶): نتایج خطای کل الف) مرحله ارزیابی و ب) مرحله آزمایش با استفاده از روش آستانه گذاری کلی برای داده‌های خودکار ۸۳

نمودار (۵-۷): نتایج خطای کل الف) مرحله ارزیابی و ب) آزمایش با استفاده از روش*CST* برای داده‌های نیم خودکار ۸٤

نمودار (۵-۸): نتایج خطای کل الف) مرحله ارزیابی و ب) آزمایش با استفاده از روش*CST* برای داده‌های خودکار ۸۵

نمودار (۵-۹):نتایج ادغام غیر آموزشی داده‌های نیم خودکار، الف) خطای کل مرحله ارزیابی و ب) خطای کل مرحله آزمایش ۸۷