بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

دانشکده مهندسی گروه برق

عنوان پایان نامه:

# معرفی الگوریتمی جدید جهت کاهش اثر تغییرات غیرخطی در شناسایی صورت با استفاده از تصاویر مادون قرمز حرارتی

مولف:

**حامد کماری علائی**

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته برق مخابرات گرایش سیستم

استاد راهنما:

**مرتضی خادمی**

تابستان ۱۳۸۹

**بسمه تعالی**

**مشخصات پایان نامه تحصیلی دانشجویان**

**دانشگاه فردوسی مشهد**

**عنوان پایان نامه: معرفی الگوریتمی جدید جهت کاهش اثر تغییرات غیرخطی در شناسایی صورت با استفاده از تصاویر مادون قرمز حرارتی**

**نام نویسنده: حامد کماری علائی**

**نام استاد راهنما: دکتر مرتضی خادمی**

| | | |
|---|---|---|
| **دانشکده : مهندسی** | **گروه: برق** | **رشته تحصیلی: مخابرات سیستم** |
| **تاریخ تصویب: ۱۳۸۷/۱۲/۲۵** | | **تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۶/۳۱** |
| **مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد ●** | **دکتری** | **تعداد صفحات: ۶۸** |

**چکیده پایان نامه:**

شناسایی صورت از طریق تصاویر مادون قرمز حرارتی یکی از جدیدترین راهکارهای شناسایی صورت بوده و هم اکنون مورد توجه بسیاری از محققان می‌باشد. این شناسایی که از طریق ثبت ویژگیهای دمایی و چگونگی موقعیت رگهای صورت انسان انجام می‌شود دارای مزیتهای بسیاری نسبت به روش‌های مبتنی بر تصاویر بینایی متداول می‌باشد. دراین تصاویر اثر تغییرات نور محیط که یکی از مهمترین معظلات شناسایی صورت در تصاویر بینایی است مرتفع می‌شود. مهمترین مشکل شناسایی در تصاویر مادون قرمز حرارتی تاثیر عوامل غیرخطی مانند وجود عینک، ریش و تغییر حالت صورت (مانند لبخند زدن، ناراحت شدن و...) بوده که باعث تغییر در مکان رگهای صورت و مانع استخراج دقیق موقعیت آنها می‌گردند. در این تحقیق، برای اولین بار الگوریتمی پیشنهاد شده است که این مشکلات نیز تا حد بسیاری برطرف می‌گردند. همچنین در این تحقیق، لبخند به عنوان تنها حالت صورت، مورد بررسی قرار گرفته است. دراین مقاله جهت استخراج ویژگی صورت از موقعیت انشعاب رگها استفاده شده است. همچنین با انتخاب دسته‌بندی مناسب، رگهای تقلبی و انشعابات نادرست حذف شده‌اند. از طرفی با استفاده از الگوریتم تطبیق زمانی پویا بهترین بردارهای ویژگی استخراج می‌شوند. با بررسی نتایج شبیه‌سازی شده بر روی بانک داده UTK-IRIS نرخ شناسایی بر روی تصاویر باعینک ۹۵٪، بر روی تصاویر با ریش ۸۸٪ و بر روی تصاویر با لبخند ۵۵٪ است که نسبت به بهترین نتایج بدست آمده قبلی در بانک داده یکسان، برای حالت اول ۱۰٪ و برای دو حالت بعدی ۴۰٪ بهتر می‌باشند.

**کلید واژه:**

**۱. شناسایی صورت در تصاویر مادون قرمز حرارتی**

**۲. شبکه رگی صورت**

**۳. الگوریتم کشیدگی زمانی پویا**

**۴. انتخاب بهترین نقاط خاص حرارتی**

**امضای استاد راهنما:**

**تاریخ: ۱۳۸۹/۷/۱۵**

**In the name of ALLAH**
**Graduate Studies Thesis\Dissertation Information**
**Ferdowsi University of Mashhad**

**Title of Thesis\Dissertation: A Novel Proposed Algorithm to Tackle Nonlinear Issues in Facial IR Recognition**

**Author: Hamed Komari Alaei**
**Supervisor(s): Dr. Morteza Khademi**

| **Faculty: Engineering** | **Department: Electrical** | **Specialization: Communication systems** |
|---|---|---|

| **Approval Date: ۳/۱۷/۲۰۰۹** | **Defence Date: ۹/۲۲/۲۰۱۰** |
|---|---|
| **M.Sc.** ● **Ph.D.** | **Number of Pages: ٦٨** |

**Abstract:**
Face recognition via thermal infrared images is a modern recognition method. It has been so interesting for many researchers during last ten years. This method which operates via thermal features and the situation of human face vessels has much more benefits than visual-based methods. In these images, the changes of environmental lights, which is one of the most important obstacles of face recognition via visual images, is totally eliminated. The most important face recognition problem via thermal infrared images is the existence of diffusion obstacles (nonlinear changes) like glasses and beard, which block the exact extraction of the situation of face vessels. Considering the suggested algorithm, these problems have been completely solved. In this article face recognition is done through face vessels. For extraction of the face features the situation of vessel branches, is used. Also by choosing appropriate classification, fake vessels and false branches has been omitted. On the other hand, the best feature is extracted by using Dynamic Time Wrapping algorithm which is resistant to nonlinear changes. The simulation on UTK-IRIS gallery set has showed the accurate recognition rate 95% on the images with glasses, 88% on the images with beard and ٥٥٪ on images with smile so, the proposed method has improved the recognition rate about 10% and 44% respectively on same gallery set compared with the best other works.

| **Signature of Supervisor:**<br><br>**Date: ۰۸/۰۸/۲۰۱۰** | **Key Words:**<br>**۱. Face recognition in IR images**<br>**۲. Vessel network**<br>**۳. Dynamic Time Warping algorithm**<br>**٤. Best Thermal Minutia Points** |
|---|---|

# اظهارنامه

اینجانب **حامد کماری علائی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مخابرات سیستم** دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان نامه **معرفی الگوریتمی جدید جهت کاهش اثر تغییرات غیرخطی در شناسایی صورت با استفاده از تصاویر مادون قرمز حرارتی** تحت راهنمایی **دکتر مرتضی خادمی** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این رساله/پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در رساله/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 فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) 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.

**تاریخ امضای دانشجو**

**حامد کماری علائی**

**۱۳۸۹/۷/۱۵**

## مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در رساله/پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

**تقدیم به محضر پاک**

علیه السلام

## سپاس

پس از حمد و سپاس بیکران به درگاه الهی، وظیفه خود می‌دانم که از پدر و مادر عزیزم، با تمام وجود تشکر کنم که گذر از مراحل مختلف زندگی‌ام مرهون بردباری و فداکاری‌های ایشان بوده است.

از زحمات و راهنمایی‌های استاد گرامی، جناب آقای دکتر خادمی تشکر می‌نمایم. همچنین از اساتید محترم آقایان دکتر ضمیری و دکتر سیدین که با درایت به ارزیابی این پایان نامه پرداختند و از راهنمایی‌های ایشان بهره برده‌ام، سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر صدوقی نیز جهت کمکهای صمیمانه و برادرانه قدردان می‌باشم.

از حضور، همراهی و همدلی برادران خوبم، حسام الدین و حنان و دوستان عزیزم که در طول این دوره بودن در کنار آن‌ها لحظاتی شیرین و به یادماندنی را برای من به یادگار گذاشته است، قدردانی می‌کنم.

**و در اول و در پایان خداوند را به خاطر همه نعماتش بلاخص نعمت همجواری با مظهر نور و سخاوت امام رئوف حضرت علی بن موسی الرضا (ع) شکر گذارم.**

این پایان نامه تحت قرارداد همکاری پژوهشی شماره ۱۰۷۲۳/۵۰۰ مورخ ۱۳۸۸/٤/۸ از حمایت مالی و معنوی موسسه آموزش و تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات بهره‌مند گردیده است.

سر ارادت ما و آستان حضرت دوست  که هر چه بر سر ما می‌رود ارادت اوست

حامد کماری علائی

تابستان ۱۳۸۹

## چکیده

شناسایی صورت از طریق تصاویر مادون قرمز حرارتی یکی از جدیدترین راهکارهای شناسایی صورت بوده و هم اکنون مورد توجه بسیاری از محققان می‌باشد. این شناسایی که از طریق ثبت ویژگیهای دمایی و چگونگی موقعیت رگهای صورت انسان انجام می‌شود دارای مزیتهای بسیاری نسبت به روش‌های مبتنی بر تصاویر بینایی متداول می‌باشد. دراین تصاویر اثر تغییرات نور محیط که یکی از مهمترین معظلات شناسایی صورت در تصاویر بینایی است مرتفع می-شود.

مهمترین مشکل شناسایی در تصاویر مادون قرمز حرارتی تاثیر عوامل غیرخطی مانند وجود عینک، ریش و تغییر حالت صورت (مانند لبخند زدن، ناراحت شدن و...) بوده که باعث تغییر در مکان رگهای صورت و مانع استخراج دقیق موقعیت آنها می‌گردند. در این تحقیق، برای اولین بار الگوریتمی پیشنهاد شده است که این مشکلات نیز تا حد بسیاری برطرف می‌گردند. همچنین در این تحقیق، لبخند به عنوان تنها حالت صورت، مورد بررسی قرار گرفته است. دراین مقاله جهت استخراج ویژگی صورت از موقعیت انشعاب رگها استفاده شده است. همچنین با انتخاب دسته‌بندی مناسب، رگهای تقلبی و انشعابات نادرست حذف شده‌اند. از طرفی با استفاده از الگوریتم تطبیق زمانی پویا بهترین بردارهای ویژگی استخراج می‌شوند.

با بررسی نتایج شبیه‌سازی شده بر روی بانک داده UTK-IRIS نرخ شناسایی بر روی تصاویر باعینک ۹۵٪، بر روی تصاویر با ریش ۸۸٪ و بر روی تصاویر با لبخند ۵۵٪ است که نسبت به بهترین نتایج بدست آمده قبلی در بانک داده یکسان، برای حالت اول ۱۰٪ و برای دو حالت بعدی ٤۰٪ بهتر می‌باشند.

# فهرست مطالب

**چکیده ..... أ**

**فهرست مطالب ..... ب**

**فهرست شکلها ..... ج**

**فهرست جداول ..... د**

**فصل اول: مقدمه ..... ۱**

۱-۱ معرفی ..... ۱

۱-۲ بررسی ساختار کلی ..... ٤

۱-۳ نوآوری پایان نامه ..... ٦

۱-٤ سازمان پایان نامه ..... ۷

**فصل دوم: بررسی جدیدترین راهکارهای موجود ..... ۸**

۲-۱ مقدمه ..... ۸

۲-۲ شناسایی با استفاده از ترکیب تصاویر مادون قرمز حرارتی و بینایی بر اساس الگوریتم ژنتیک ..... ۸

۲-۳ شناسایی با استفاده از ترکیب تبدیل موجک تصاویر بینایی و مادون قرمز حرارتی ..... ۱۱

۲-٤ شناسایی تصاویر مادون قرمز حرارتی بر اساس الگوریتم ICP ..... ۱۳

۲-۵ شناسایی بر اساس رگهای صورت در تصاویر مادون قرمز حرارتی ..... ۱۵

**فصل سوم: سیستم پیشنهادی ..... ۱۹**

۳-۱ مقدمه ..... ۱۹

۳-۲ قسمت‌بندی صورت ..... ۲۰

۳-۳ تصحیح خطای قسمت‌بندی ..... ۲۳
۳-٤ نرم‌کردن تصویر ..... ۲٤
۳-٥ استخراج رگ ..... ۲٤
۳-٦ حذف انشعابات غیرواقعی ..... ۲٥
۳-۷ آشکارسازی نقاط انشعاب ..... ۲٥
۳-۸ حذف نقاط انشعاب اضافی ..... ۲٦
۳-۹ تشکیل ماتریس ویژگی هر تصویر TMP ..... ۲۸
۳-۱۰ انتخاب بهترین بردارهای ویژگی ..... ۲۸
۳-۱۱ تغییر اندازه و جمع کننده ..... ۳۰
۳-۱۲ مقایسه ..... ۳۰
**فصل چهارم: شبیه‌سازی و بحث ..... ۳۲**
٤-۱ بانک داده ..... ۳۲
٤-۲ تشکیل بانک تصاویر BTMPs ..... ۳۳
٤-۳ معیارهای میزان موفقیت ..... ۳۸
٤-٤ نتایج شبیه‌سازی بر روی تصاویر باعینک ..... ۳۹
٤-٥ نتایج شبیه‌سازی بر روی تصاویر با ریش ..... ٤۲
٤-٦ نتایج شبیه‌سازی بر روی تصاویر با لبخند ..... ٤٤
**فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهاداتی برای تحقیقات بعدی ..... ٤۷**
٥-۱ جمع‌بندی ..... ٤۷
٥-۲ چند پیشنهاد برای تحقیقات بعدی ..... ٤۸
٥-۲-۱ استفاده مستقیم از بهترین بردارهای ویژگی به جای تصاویر BTMPs ..... ٤۸

۵-۲-۲ استفاده از TMPهای سه ناحیه صورت جهت شناسایی افراد با تغییرات حالات و تعرق .....۴۹

۵-۲-۳ ترکیب تصاویر مادون قرمز حرارتی با شبکه رگی.....۵۰

## فهرست شکل‌ها

شکل ۱: تاثیر ناپذیر بودن تصاویر مادون قرمز حرارتی نسبت به نور محیط، ستون (الف) تصاویر بینایی و ستون (ب) تصاویر مادون قرمز حرارتی ..... ۳
شکل ۲: تشخیص تصویر واقعی از تقلبی، (الف) تصویر حرارتی از صورت انسان (سمت چپ) و مجسمه (سمت راست) و (ب) پس از مقایسه با سطح آستانه و انتخاب صورت گرم‌تر[٤] ..... ۳
شکل ۳: عینک و ریش موانع انتشار اشعه مادون قرمز حرارتی [٥] ..... ٤
شکل ٤: الگوریتم شناسایی با استفاده از ترکیب تصاویر مادون قرمز حرارتی و بینایی بر اساس الگوریتم ژنتیک ..... ۹
شکل ٥: چگونگی انتخاب کروموزوم [٤] ..... ۱۰
شکل ٦: نحوه ترکیب تصاویر بینایی و مادون قرمز حرارتی بر اساس الگوریتم ژنتیک. (الف) تصویر بینایی، (ب) تصویر مادون قرمز حرارتی و (ج) ترکیب بر اساس الگوریتم ژنتیک (حذف عامل عینک) [٤] ..... ۱۱
شکل ۷: الگوریتم شناسایی با استفاده از ترکیب تبدیل موجک تصاویر بینایی و مادون قرمز حرارتی..... ۱۲
شکل ۸: الگوریتم شناسایی تصاویر مادون قرمز حرارتی بر اساس الگوریتم ICP ..... ۱۳
شکل ۹: نمونه‌ای از رگهای تقلبی. (الف) حاصل از موهای سر و (ب) حاصل از عینک[۸]..... ۱۳
شکل ۱۰: تفاوت انتشار دما در رگهای واقعی و تقلبی [۸] ..... ۱٤
شکل ۱۱: نمونه‌ای از عملکرد شناسایی بر اساس الگورتیم ICP. (الف) شبکه رگی بانک داده، (ب) شبکه رگی مورد آزمون و (ج) نتیجه بررسی شباهت بر اساس الگوریتم ICP [۸] ..... ۱٥
شکل ۱۲: الگوریتم شناسایی بر اساس رگهای صورت در تصاویر مادون قرمز حرارتی ..... ۱٦
شکل ۱۳: نحوه استخراج شبکه رگی. (الف) تصویر اولیه، (ب) پس از اعمال فیلتر نرم کننده و (ج) پس از اعمال الگوریتم WTH [٥] ..... ۱٦
شکل ۱٤: ساختار تشکیل بردار خاص حرارتی [۹] ..... ۱۷
شکل ۱٥: تشکیل بانک تصاویر بهترین نقاط خاص حرارتی..... ۱۹
شکل ۱٦: عملیات بهنگام تشخیص صورت ..... ۲۰
شکل ۱۷: نمونه‌ای از تصویر مادون قرمز حرارتی از صورت انسان..... ۲۰
شکل ۱۸: هیستوگرام تصویر حرارتی ..... ۲۱

شکل ۱۹: انتخاب نواحی پشت‌زمینه و صورت در داده آموزش (مربع سیاه معرف صورت و مربع سفید معرف پشت-زمینه) ..... ۲۲
شکل ۲۰: خطای انتخاب به علت نقاط انشعاب اضافی نوع اول ..... ۲۶
شکل ۲۱: حذف نقاط انشعاب اضافی ناشی از مرز موهای سر (نوع دوم)، (الف) تصویر اولیه، (ب) نتیجه اعمال الگوریتم دسته‌بندی متوسط K ..... ۲۷
شکل ۲۲: نحوه تشکیل بردار ویژگی مربوط به نقطه خاص حرارتی a ..... ۲۸
شکل ۲۳: نحوه مقایسه ٤ ماتریس ویژگی بر اساس الگوریتم DTW ..... ۲۹
شکل ۲٤: چگونگی شرایط مکانی در تشکیل بانک داده UTK-IRIS ..... ۳۳
شکل ۲۵: نمونه‌ای از تصاویر موجود در بانک داده UTK-IRIS ..... ۳۳
شکل ۲٦: نمونه‌ای از تصاویر آموزش چهار نفر ..... ۳٤
شکل ۲۷: قسمت‌بندی صورت، (الف) تصویر اولیه، (ب) نتیجه قسمت‌بندی با الگوریتم بیز ..... ۳٤
شکل ۲۸: تصحیح خطای قسمت‌بندی صورت، (الف) تصویر قسمت‌بندی شده (شکل ۲۷- ب)) و (ب) نتیجه تصحیح خطای قسمت‌بندی ..... ۳٤
شکل ۲۹: نرم‌کردن تصویر، (الف) تصویر اولیه (شکل ۲۸- ب)) و (ب) خروجی فیلتر در t=٤۰ ..... ۳۵
شکل ۳۰: استخراج رگهای صورت، (الف) تصویر اولیه (شکل ۲۹- ب))، (ب) استخراج رگها و (ج) نتیجه نازکسازی ..... ۳۵
شکل ۳۱: حذف انشعابات غیرواقعی، (الف) تصویر اولیه (شکل ۳۰- ج)) و (ب) نتیجه هرس‌کردن ..... ۳۵
شکل ۳۲: آشکارسازی نقاط انشعاب، (الف) تصویر اولیه (شکل ۳۱- ب)) و (ب) خروجی الگوریتم ضربدری ..... ۳٦
شکل ۳۳: حذف نقاط انشعاب اضافی، (الف)تصویر اولیه (شکل ۳۲- ب)، (ب) حذف نقاط انشعاب اضافی نوع اول و (ج) حذف نقاط انشعاب اضافی نوع دوم (تصویر TMP) ..... ۳٦
شکل ۳٤: نتیجه مقایسه دو ماتریس ویژگی بر اساس الگوریتم DTW، (الف) نقاط TMP تصویر اول شخص (شکل ۳۳- ج)) و (ب) نقاط TMP تصویر دوم شخص و (ج) تصویر ITMP اول ..... ۳۷
شکل ۳۵: ٢٤ تصویر BTMPs موجود در بانک تصاویر BTMPs ..... ۳۷
شکل ۳٦: تصاویر آزمون افراد باعینک: ستون (الف) تصاویر اولیه و ستون (ب) معادل تصاویر باعینک ..... ٤۰
شکل ۳۷: میزان شباهت تصویر TMP عینکی شده نفر دوم در مقایسه با افراد موجود در بانک تصاویر BTMPs ..... ٤۰

شکل ۳۸: میزان شباهت تصویر TMP عینکی شده نفر چهاردهم در مقایسه با افراد موجود در بانک تصاویر BTMPs ..... ٤٠
شکل ۳۹: مقایسه ملاک ROC روش پیشنهادی با روش بکار رفته در [٥] بر روی تصاویر باعینک ..... ٤١
شکل ٤٠: مقایسه نرخ شناسایی صحیح مرتبه n ام روش پیشنهادی با روشهای [٥] و [٦] در تصاویر باعینک ..... ٤٢
شکل ٤١: تصاویر آزمون افراد با ریش: ستون (الف) تصاویر اولیه و ستون (ب) معادل تصاویر با ریش ..... ٤٢
شکل ٤٢: میزان شباهت تصویر TMP با ریش نفر دوم در مقایسه با افراد موجود در بانک تصاویر BTMPs ..... ٤٣
شکل ٤٣: میزان شباهت تصویر TMP با ریش نفر چهاردهم در مقایسه با افراد موجود در بانک تصاویر BTMPs.... ٤٣
شکل ٤٤: مقایسه ملاک ROC روش پیشنهادی با روش [٥] بر روی تصاویر افراد با ریش ..... ٤٣
شکل ٤٥: مقایسه نرخ شناسایی صحیح مرتبه n ام روش پیشنهادی با روش [٥] در تصاویر افراد با ریش ..... ٤٤
شکل ٤٦: تصاویر آزمون افراد با لبخند: ستون (الف) تصاویر اولیه و ستون (ب) تصاویر با لبخند ..... ٤٤
شکل ٤٧: میزان شباهت تصویر TMP با لبخند نفر دوم در مقایسه با افراد موجود در بانک تصاویر BTMPs..... ٤٥
شکل ٤٨: میزان شباهت تصویر TMP با لبخند نفر چهاردهم در مقایسه با افراد موجود در بانک تصاویر BTMPs ... ٤٥
شکل ٤٩: مقایسه نرخ شناسایی صحیح مرتبه n ام روش پیشنهادی با روش [٥] در تصاویر افراد با لبخند ..... ٤٦
شکل ٥٠: مرحله تشکیل بانک بهترین ماتریسهای ویژگی و مقایسه آن با ماتریس ویژگی فرد مورد آزمون ..... ٤٩
شکل ٥١: استفاده از TMPهای سه ناحیه صورت جهت شناسایی افراد با تغییرات حالات و تعرق ..... ٤٩
شکل ٥٢: الگوریتم پیشنهادی جهت حذف عامل عینک ..... ٥١

## فهرست جداول

جدول ۱: نتایج دسته‌بندی متوسط K ..... ۲۷
جدول ۲: مقایسه نرخ شناسایی صحیح مرتبه اول روش پیشنهادی با روشهای بکار رفته در [۵] و [٦] ..... ٤٨

# فصل اول: مقدمه

## ۱-۱ معرفی

در سالهای اخیر شناسایی صورت در زمینه‌های تحقیقاتی مرتبط با بیومتریک، شناسایی الگو و بینایی ماشین مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. همچنین در برخی کاربردهای تجاری و امنیتی نیز روشهای شناسایی صورت مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲] [۱]. علاوه بر شناسایی صورت روشهای شناسایی دیگری نیز وجود دارند که از آن جمله می‌توان به شناسایی از طریق اثرانگشت، دست، صدا، چشم، گوش و امضا اشاره کرد. برای روشهای شناسایی مختلف نیاز به برداشت اطلاعات متفاوتی است که می‌توان آنها را بر حسب عواملی از جمله میزان همکاری شخص، دقت، هزینه و راحتی اندازه‌گیری دسته‌بندی نمود. در این میان، شناسایی توسط تصاویر صورت نسبت به روشهای دیگر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است؛ علت آن نیز حداقل بودن میزان مشارکت فرد در فرایند شناسایی می‌باشد. امروزه پس از حدود ۳۰ سال، بسیاری از محققین بر این باورند که شناسایی صورت تمام رخ و در شرایط کنترل شده، یک موضوع تقریباً حل‌شده است. اما وقتی تغییراتی در زاویه تابش نور ایجاد می‌شود و یا سن فرد تغییر می‌نماید توانایی انسان برای شناسایی چهره در مقایسه با رایانه به مراتب بیشتر است و با اطمینان می‌توان گفت که رایانه همچنان از انسان فاصله دارد.

بطور کلی یک سیستم بیومتریکی به دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تقسیم می‌شود. قسمت سخت‌افزاری برای دریافت مشخصه بیومتریکی و قسمت نرم‌افزاری برای مطابقت مشخصه استخراج شده با اطلاعات موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثال در یک سیستم شناسایی براساس تصاویر صورت، افراد می‌بایست در سیستم معرفی شوند. بدین منظور ابتدا توسط یک دوربین از صورت فرد تصویربرداری می‌شود، سپس تصویر مورد پیش‌پردازش قرار گرفته

و ویژگی‌هایی از آن استخراج می‌شود و در پایان ویژگی‌های بدست آمده در پایگاه داده ذخیره می‌گردد. در زمان شناسایی با ورود شخص جدید ابتدا تصویر آن گرفته شده و پس از انجام پیش‌پردازش مورد نیاز ویژگی‌ها استخراج می‌شوند. ویژگی‌های فرد ورودی با ویژگی‌های موجود در پایگاه داده مقایسه شده و شبیه‌ترین فرد انتخاب می‌گردد.

در سالهای اخیر شناسایی صورت تنها بر اساس تصاویر بینایی انجام می‌شد. علت آن نیز در دسترس بودن این تصاویر و ارزان بودن دوربینهای تصاویر برداری در طیف بینایی است. با توجه به تحقیقات فراوان بر روی این تصاویر، مشخص شده است که مشکلات فراوانی در تصاویر بینایی وجود دارند که مانع از شناسایی صحیح می‌گردند. از جمله مهمترین این مشکلات می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۳]:

- **تغییر پذیری زیاد در حالات صورت:** شکل و قابلیت انعکاس، خاصیت ذاتی یک صورت است و مشاهدات یک صورت، معلول چندین عامل از قبیل قیافه، حالت صورت، جهت نور و... می‌باشد.
- **تغییرات نور**: تغییر نور در تصاویر بینایی یکی از مهمترین عوامل شناسایی نادرست در تصاویر بینایی است. این عامل کاملا تحت تاثیر شرایط محیطی می‌باشد.
- **ناتوانی در تشخیص بین تصویر واقعی و غیر واقعی**[۱]: در تصاویر بینایی هر شکلی که خاصیت ظاهری صورت را داشته باشد به عنوان چهره شناخته شده و پردازش می‌شود؛ اگرچه ممکن است تصویر کاملا غیرواقعی باشد. لذا شناسایی بر اساس تصاویر بینایی نمی‌تواند نقش خود را در شناسایی صحیح بخوبی اجرا نماید.
- **کهولت:** پیش‌بینی چگونگی تغییر حالات صورت بواسطه گذر زمان امری مشکل و تقریبا ناممکن است. بنابراین کهولت مانع بسیار بزرگی در شناسایی صحیح صورت می‌باشد.

با توجه به مشکلاتی که در بالا بیان شد، محققان بدنبال روش‌های جدیدتری جهت شناسایی صورت هستند تا این میزان خطا را به صفر و یا به حداقل برسانند. از جمله‌ی این روشها، شناسایی در حوزه تصاویر مادون قرمز حرارتی (IR[۲]) است. ویژگی این تصاویر تاثیرناپذیری نسبت به تغییرات نور محیط می‌باشد چنانچه در شکل ۱ دیده می‌شود تغییرات نور تاثیری بر تصاویر مادون قرمز حرارتی ندارد. همچنین به علت وجود ماهیت دما تصاویر تقلبی قابل شناسایی است زیرا با بررسی میزان حرارت هر صورت و با مقایسه آنها با یک سطح آستانه مشخص، می‌تـوان به واقعی

[۱] Fake image
[۲] Infrared

(الف) (ب)

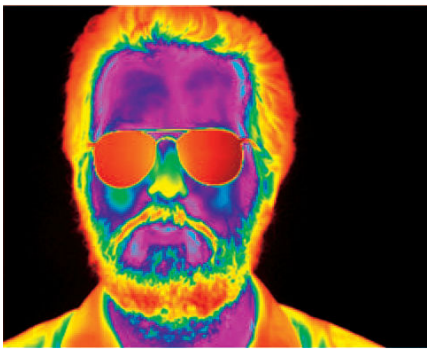
**شکل ۱:** تاثیر ناپذیر بودن تصاویر مادون قرمز حرارتی نسبت به نور محیط، ستون (الف) تصاویر بینایی و ستون (ب) تصاویر مادون قرمز حرارتی

(صورت گرم‌تر) و یا تقلبی بودن (صورت سردتر) تصویر پی برد [٤]. شکل ۲ چگونگی شناسایی تصاویر تقلبی را نشان می‌دهد. در شکل ۲-(الف) تصویر صورت انسان گرمتر (روشن‌تر) و تصویر صورت مجسمه سردتر (تیره‌تر) می-باشد.

تصاویر مادون قرمز با توجه به مزیتهای بیان شده دارای مشکلاتی هستند که از آن جمله می‌توان تاثیر منفی عوامل غیرخطی مانند وجود عینک، ریش و تغییر حالت صورت (مانند لبخند زدن، ناراحت شدن و...) بر روی این تصاویر را نام برد. تغییرات غیرخطی تفاوتهای بسیاری با تغییرات خطی دارند. تغییرات خطی تغییراتی هستند که کل اجزای صورت را بصورت یک نواخت تحت تاثیر قرار می‌دهند. به عبارتی هر تغییری که بطور مثال در اطراف چشم بوجود آمده در اطراف بینی و سایر نقاط صورت نیز بوجود می‌آید. از جمله این تغییرات تغییر زاویه صورت را می‌توان نام برد. اما تغییرات غیرخطی تغییراتی هستند که تنها بر یک و یا چند قسمت از نواحی صورت تاثیر گذار بوده و اثر ناچیز بر نواحی دیگر صورت دارند. نمونه‌ای از این تغییرات وجود عینک، ریش و لبخند می‌باشند که این تحقیق بر روی آنها متمرکز می‌باشد. همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد، عینک و ریش از انتشار اشعه مادون قرمز حرارتی جلوگیری کرده و مانع مهمی در شناسایی صحیح صورت می‌باشند [۵]. همچنین تغییر حالت صورت مانند لبخند زدن شناسایی صحیح

(الف) (ب)

**شکل ۲:** تشخیص تصویر واقعی از تقلبی، (الف) تصویر حرارتی از صورت انسان (سمت چپ) و مجسمه (سمت راست) و (ب) پس از مقایسه با سطح آستانه و انتخاب صورت گرم‌تر**[٤]**



**شکل ۳:** عینک و ریش موانع انتشار اشعه مادون قرمز حرارتی **[۵]**

صورت را با مشکل مواجه می‌کند. در این تحقیق، برای اولین بار الگوریتمی پیشنهاد شده که این مشکلات را تا حد بسیاری برطرف کرده و نسبت به راهکارهای ارائه شده قبلی نیز نتایج بهتری به همراه داشته است.

### ۱-۲ بررسی ساختار کلی

منظور از شناسایی صورت، یافتن شبیه‌ترین تصویر صورت یک فرد در بین تصاویر صورت موجود در پایگاه داده[۳] می‌باشد. جهت شناسایی صورت، یک دسته مشخصات خاص و منحصر به فرد، در حوزه تصاویر بینایی و یا مادون قرمز حرارتی استخراج شده و با بررسی این مشخصات شناسایی انجام می‌شود. مستقل از اینکه تصاویر بینایی یا تصاویر مادون قرمز حرارتی مورد استفاده قرار گیرند شناسایی صورت را می‌توان به سه قسمت آشکارسازی صورت، استخراج ویژگی‌ها و دسته‌بندی تفکیک نمود.

در آشکارسازی صورت، ناحیه‌ای که حاوی پیکسل‌های صورت است از پشت‌زمینه جدا می‌شود. سپس آن دسته از اطلاعات موثری که برای تشخیص و تمیز دادن اختلاف بین صورت دو فرد وجود دارند، به عنوان ویژگی‌های آن استخراج می‌گردند. پس از استخراج ویژگی‌ها از تصویر، برداری حاوی ویژگی‌های استخراج شده با بردارهای ویژگی تصاویر مرجع که در پایگاه داده وجود دارند، مقایسه و به دو بخش شبیه و غیر شبیه دسته‌بندی می‌شوند.

در روش پیشنهادی که بر اساس شناسایی رگهای صورت در تصاویر مادون قرمز حرارتی می‌باشد، ویژگی‌هایی (که بواسطه ماهیت تصاویر مادون قرمز حرارتی بوجود می‌آیند) مانند تاثیر ناپذیر بودن تصاویر نسبت به نور محیط، تشخیص تصاویر واقعی از تقلبی و بی‌تاثیری عامل کهولت تامین می‌گردد. عامل کهولت بر موقعیت رگها تاثیر نگذاشته، از اینرو تاثیری بر شناسایی صورت ندارد. در این تحقیق، شناسایی در دو مرحله تشکیل بانک تصاویر بهترین نقاط

[۳] Data Base

خاص حرارتی (BTMPs[٤]) و عملیات بهنگام انجام می‌شود. مرحله اول از تصاویر حرارتی موجود (چهار تصویر برای هر فرد)، تصاویر نقاط خاص حرارتی (TMP[٥]) استخراج شده و بهترین نقاط برای هر فرد ذخیره می‌شوند. در مرحله دوم از فرد مورد آزمون[٦] به صورت بهنگام تصویربرداری حرارتی شده و پس از استخراج تصویر TMP مرتبط با آن، با تصاویر موجود در بانک تصاویر BTMPs مقایسه می‌شود.

بطور کلی مراحل شناسایی پیشنهاد شده در این تحقیق به شرح زیر است:

۱- **قسمت‌بندی صورت**: هر تصویر مادون قرمز حرارتی از دو ناحیه صورت و پشت‌زمینه تشکیل شده است. در این مرحله صورت به علت داشتن حرارت بیشتر نسبت به محیط اطراف روشن‌تر بوده و از پشت‌زمینه جدا می‌شود.
۲- **تصحیح خطای قسمت‌بندی**: در مرحله قسمت‌بندی صورت، نواحی از صورت (مثل بینی و چانه) که حرارت کمتری نسبت به مناطق دیگر دارند اشتباها به عنوان پشت‌زمینه و لباس‌ها که دمای نزدیک به دمای صورت دارند اشتباها به عنوان ناحیه صورت انتخاب خواهند شد. در این مرحله این خطاها بر طرف می‌شوند.
۳- **نرم‌کردن تصویر صورت و استخراج رگ**: پس از استخراج ناحیه صورت از تصویر، رگهای صورت بوسیله الگوریتم شکل‌شناسی استخراج می‌شوند. جهت استخراج بهتر رگها، قبل از استخراج رگ، تصویر صورت، نرم می‌گردد.
٤- **استخراج تصاویر TMP**: پس از استخراج رگ، انشعابات غیرواقعی که بواسطه اعمال الگوریتم بیز و فیلتر نرم‌کننده بوجود می‌آیند حذف شده و سپس نقاط انشعاب استخراج می‌گردند. از طرفی برخی از نقاط انشعاب مربوط به رگها نبوده و در مرحله حذف نقاط انشعاب اضافی، حذف می‌شوند. پس از حذف این نقاط، تصاویر TMP استخراج می‌گردند.
۵- **تشکیل ماتریس ویژگی برای هر تصویر TMP**: ماتریس ویژگی برای هر تصویر TMP بر اساس زاویه قرارگیری TMPها نسبت به هم تشکیل می‌گردد.

[٤] Best Thermal Minutia Points
[٥] Thermal Minutia Point
[٦] Probe