

# بازشناسی جلوه‌های هیجانی با استفاده از تحلیل تفکیک‌پذیری مبتنی بر دانش خوشه‌بندی چهره

امین محمدیان<sup>۱</sup>، حسن آقائی‌نیا<sup>۲</sup> و فرزاد توحیدخواه<sup>۳</sup>

<sup>۳</sup> دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

<sup>۱</sup> پژوهشگاه توسعه فناوری‌های پیشرفته خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

## چکیده:

روش پیشنهادی به منظور بهبود بازشناسی جلوه‌های هیجانی چهره ارائه شده است. در این روش به جای افزایش توان محاسباتی الگوریتم تحلیل تفکیک‌پذیر خطی (LDA)، دانش مربوطه به ایجاد تنوعات در بروز جلوه‌های هیجانی در چهره به کار گرفته شده است. این دانش شناسایی و دسته‌بندی شده است. با به‌کارگیری خوشه‌هایی که با دانش دسته‌بندی چهره به دست آمده، ماتریس پراکندگی داخل طبقه و بین طبقه‌ای برای هر خوشه، جداگانه محاسبه می‌شوند و در مرحله آزمون نیز هر بردار براساس ماتریس تبدیل تحلیل تفکیک‌پذیری مربوط به خوشه خود به زیرفضا نگاشت می‌شود. با این کار از طریق دانش دسته‌بندی چهره‌های مختلف، مقداری از بار تنوعات بروز جلوه‌های هیجانی در چهره کاسته شده است تا توان تعمیم روش ساده‌ای چون تحلیل تفکیک‌پذیر خطی افزایش پیدا کند. نتایج روش پیشنهادی به ازای هر سه نوع خوشه‌بندی ارائه شده بهبود داشته است و بهترین نتیجه مربوط به روش مبتنی بر خوشه‌بندی شاخص چهره بوده است که از ۹۵.۷۵٪ به ۹۸.۶۶٪ ارتقا یافته است. این روش قابل استفاده برای دسته وسیعی از روش‌های بازشناسی جلوه‌های هیجانی چهره است و در مواجهه با دادگان‌های حجیم راهکار کارآمدی خواهد بود.

واژگان کلیدی: خوشه‌بندی چهره، بازشناسی جلوه‌های هیجانی، تفکیک‌پذیر خطی مبتنی بر خوشه‌بندی.

## ۱- مقدمه

چهره انسان اطلاعات مناسبی در خصوص سن، جنسیت، پیشینه و هویت فرد ارائه می‌کند (Cohn, 2010). علاوه بر این جلوه‌های هیجانی چهره نیز علائمی در رابطه با هیجانات، درد (Rudovic, Lucey, Cohn et al., 2011)، فعالیت‌های شناختی، مقاصد، شخصیت و آسیب‌شناسی روانی ارائه (Lajevardi and Hussain, 2012) و نقش مهمی در مطالعات پدیده‌های روان‌شناختی و توسعه ارتباطات غیرکلامی<sup>۱</sup> ایفا می‌کند (Lien 1998). به همین منظور تلاش‌های زیادی برای بازشناسی خودکار جلوه‌های هیجانی چهره صورت گرفته است.

عوامل متعددی بر روی نحوه ظاهر شدن جلوه‌های

<sup>1</sup> Nonverbal Communications

هیجانی چهره و کیفیت تصویربرداری از آنها تأثیر گذار هستند که چالش‌هایی را برای توسعه سامانه‌های بازشناسی در محیط‌های واقعی ایجاد کرده‌اند. مجموعه‌ای از عوامل که کارایی این سامانه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند، شامل مواردی چون تغییرات تصویر در نتیجه تغییر نورپردازی، تغییر وضعیت سر و عوامل ایجاد انسداد در اجزای چهره چون آرایش و عینک است (Sandbach, Zafeiriou et al., 2012). برای مواجهه با این عوامل پیشنهادهایی ارائه شده است، به‌عنوان مثال استفاده از تصاویر سه‌بعدی در بازشناسی هیجانات برای غلبه بر چرخش وضعیت سر و تغییرات نور محیط و داشتن تصاویر با قدرت تفکیک بالا به کار گرفته می‌شود (Maalej, Amor et al., 2011). برای مواجهه با تنوعات ناشی از تغییرات نور محیط، پیشنهاد استفاده از تصاویر نور فراسرخ طیف نزدیک نیز ارائه شده است (Zhao, Huang et al., 2011).

جهت مواجهه با تنوعات نمایش جلوه‌ها در افراد و شرایط مختلف، ارائه ویژگی‌هایی که با باز محاسبات کمتر تغییرات جلوه‌های هیجانی چهره را نسبت به تغییرات بین فردی برتری دهد، مورد توجه قرار گرفته است (Gu, Å et al., 2012). دسته‌ای از تنوعات وابسته به تنوع اشخاص در بروز هیجانات است. رابطه کارآیی سامانه بازناسی با مسأله وابسته به فرد بودن، نشان داده شده است (Cohen, Sebe et al., 2003). اکثر روش‌های پیشنهاد شده بدون تفکیک عوامل ایجاد تنوعات، به مواجهه با آنها و بهبود بازناسی پرداخته‌اند. یک دسته از روش‌ها هم با هنجارسازی اطلاعات یا ارائه روش‌های مبتنی بر فرد، راه حل‌هایی را پیشنهاد کرده‌اند (Maronidis, Bolis et al., 2011)؛ اما همچنان در گسترش این روش‌ها در محیط‌های واقعی محدودیت‌های وجود دارد و با گسترش سامانه‌ها در جوامع مختلف امکان ناکارآمدی الگوریتم‌ها در مواجهه با دادگان‌های حجیم وجود خواهد داشت.

استفاده از خوشه‌بندی فضای داده برای بهبود تفکیک‌پذیری پیش از این مورد استفاده قرار گرفته است (Chen and Huang, 2003) اما ایده اصلی این مقاله استفاده از شاخص‌هایی برای خوشه‌بندی چهره افراد است که نقش مهمی در تغییرات بروز هیجانات بین فردی ایفا می‌کنند. به‌منظور افزایش کارآیی سامانه بازیابی تصویر افراد در دادگان‌های حجیم نیز به خوشه‌بندی تصاویر بر حسب شکل چهره پرداخته شده و بازیابی در داخل هر خوشه انجام شده که سرعت و دقت بازیابی را بالا برده است (Veropoulos, Zhang, Fang et al. 2011; Bebis et al., 2005).

هدف اصلی این مقاله ارائه یک روش تفکیک‌پذیر خطی که به‌عنوان یک روش عمومی قابل کاربرد بر روی کاربردهای متعدد باشد، بلکه در این مقاله به جای افزایش توان تعمیم سامانه بازناسی با استفاده از افزایش توان محاسباتی الگوریتم پردازشی، رویکرد توانمند کردن الگوریتم‌های هر چند ساده توسط دانش هر حوزه مورد توجه قرار گرفته است. البته باید اشاره کرد که در رویکرد اول، این دسته از الگوریتم‌ها، نیازمند داده وسیع و مناسبی هستند تا دانش لازم جهت جهان‌شمولی را کسب کرده و قابلیت بازناسی در فضاهای مختلف را داشته باشند.

در این مقاله در حوزه بازناسی جلوه‌های هیجانی چهره و با رویکرد استفاده از دانش مربوط به اطلاعات موجود در چهره و عوامل ایجادکننده تنوعات بروز جلوه‌های هیجانی، راه‌کاری را پیشنهاد کرده است. این راه‌کار امکان

افزایش توان تفکیک‌پذیری الگوریتم ساده و خطی چون تحلیل تفکیک‌پذیر خطی را نیز فراهم آورده است. به‌طور خلاصه نوآوری مقاله، شناسایی و دسته‌بندی این دانش (دانش مربوط به عوامل ذاتی ایجاد تنوعات در بروز جلوه‌های هیجانی در چهره) و ارائه تاکتیکی در به‌کارگیری این دانش در فرایند یادگیری و بازناسی جلوه‌های هیجانی چهره است.

با توجه به ذاتی بودن این عوامل خوشه‌بندی که در مقاله مد نظر قرار گرفته است، پیش بینی می‌شود اثر روش پیشنهادی بر روی نرخ بازناسی با افزایش تعداد افراد در دادگان، اثر یک‌سو و مثبت داشته باشد؛ اما توان بازناسی بسیاری از روش‌ها، رابطه یک‌سویی با افزایش تعداد افراد در دادگان ندارد.

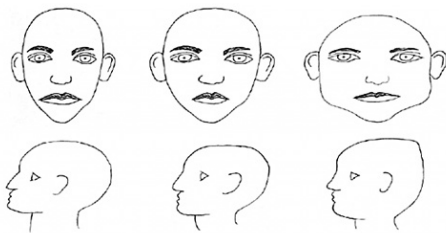
در ادامه به مبانی نظری ایجاد تنوعات و اختلافات بین فردی در بروز هیجانات پرداخته شده است؛ سپس با تحلیل خوشه‌بندی دسته‌های مطرح، خوشه‌هایی برای چهره افراد مطرح شده و در انتها روش پیشنهادی با به‌کارگیری دانش خوشه‌بندی در تحلیل تفکیک‌پذیر خطی، ارائه شده است.

## ۲- تحلیل تفکیک‌پذیر مبتنی بر خوشه‌بندی

یکی از عوامل ایجاد تنوع در بروز هیجانات، اختلافات بین فردی است. تلاش بسیاری از روش‌ها استخراج مشخصاتی از هیجانات در چهره است که در افراد مختلف اختلاف کمتری داشته باشد. نشان داده شده که انسان‌ها ابتدا به تعیین موقعیت چهره و شناسایی چهره فرد پرداخته و سپس حالات هیجانی شخص را شناسایی می‌کنند. بنابراین به‌کارگیری ایده تعیین مشخصات فردی برای تعیین بهتر نوع هیجانات، موضوع مناسبی برای بهبود بازناسی آنها خواهد بود (Gu, Å et al., 2012). همچنین (Chen and Huang, 2003) یک روش استخراج ویژگی مبتنی بر خوشه‌بندی برای بازناسی جلوه‌های هیجانی ارائه کردند و نتیجه این روش را در مقایسه با روش‌های رایج استخراج ویژگی نشان دادند.

مطابق روندنمای شکل (۱) ابتدا تحلیل‌هایی برای خوشه‌بندی و ارائه خوشه‌های مطرح برای چهره افراد انجام گرفته است؛ سپس یک سامانه پایه بازناسی پیاده‌سازی

شاخص ۸۴ تا ۸۹/۷ برای سر زنده و ۸۵ تا ۸۹ برای جمجمه و نوع وجه باریک، دارای چهره باریک و دراز و شاخص ۸۸ تا ۹۹/۲ برای سر زنده و ۹۰ تا ۹۴/۹ برای جمجمه است؛ به طوری که با بررسی بر روی ۱۷۳ فرد بالغ، مشخصات چهره آنها را برای قرارگرفتن در هر یک از این سه دسته، مورد بررسی قرار داده‌اند (Gündüz Arslan, Genç et al., 2008). ۵۹ نفر از ۱۷۳ فرد مشارکت‌کننده، به چهره نوع وجه گسترده و ۴۹ نفر دارای وجه متوسط و چهره ۶۵ نفر از نوع وجه باریک بوده است. چندین دانشجوی هندی و مالزیایی با جنسیت مرد و زن، از نظر شاخص چهره مورد بررسی قرار گرفتند و توزیع هر یک از انواع چهره در جامعه آنها گزارش شده است (Prosopo and Estudiantes, 2011). جمع‌بندی اطلاعات مربوط به چهره، بیان‌گر این موضوع است که براساس شواهد می‌توان شکل چهره افراد را برای خوشه‌بندی و عامل ایجاد تنوعات بین فردی در نظر گرفت.

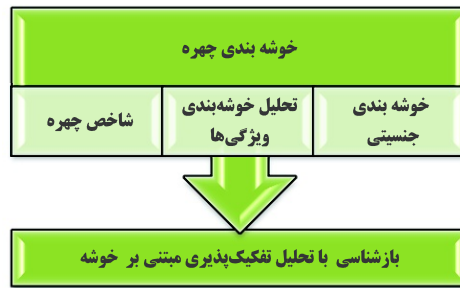


(شکل-۲): نمونه‌ای از تصاویر سه نوع چهره بر حسب ریخت‌شناسی (Li and Jain, 2009)

### ۲-۱-۲- اختلاف شکل در جنسیت

تغییرات در شکل چهره، تحت تأثیر جنس نیز قرار دارد. مردها به‌طور عمومی چهره‌هایی بزرگ‌تر دارند و این تغییر در پیشانی و بینی قابل توجه است؛ زیرا چهره بزرگ‌تر، نیاز به هوای بیشتر برای تأمین نیاز ماهیچه و اعضای بدن دارد. بنابراین مردها دارای، بینی پهن‌تر، درازتر و برآمده و دارای پیشانی شیب‌دار و برآمده هستند. در مقابل خانم‌ها دارای پیشانی صاف‌تر هستند. پیشانی برآمده مردها باعث می‌شود که چشم‌های آنها دارای عمق به نظر برسد (Li and Jain, 2009). نشان داده شده که ویژگی‌های هندسی از چهره به جز فاصله بین دو چشم و عرض چشم راست و چپ به صورت معنی‌داری بین خانم‌ها و آقایان اختلاف داشته‌اند (Gündüz Arslan, Genç et al., 2008).

شده است و جهت بهبود کارایی آن، روش پیشنهادی به‌کار گرفته شده است.



(شکل-۱): روندنمای روش پیشنهادی

### ۲-۱- خوشه‌بندی چهره

در این مقاله، سه دسته رویکرد برای دسته‌بندی نوع چهره مورد توجه قرار گرفته است. ابتدا دانشی از حوزه پزشکی که به صورت کمی قادر به نوع‌بندی چهره است؛ دوم استفاده از جنسیت برای دسته‌بندی افراد و بررسی معنی‌دار بودن این دسته‌بندی و سوم تحلیل اطلاعات چهره، با تحلیل پارامترهای تصویری چهره و روش‌های تحلیل خوشه‌بندی است. در ادامه هر یک از این موارد توضیح داده شده‌اند.

### ۲-۱-۱- شاخص چهره

تغییرات در اطلاعات ظاهری چهره و بروز هیجانات به مقدار زیادی وابسته به تغییرات در استخوان‌بندی چهره و کلیت جمجمه است (Li and Jain, 2009). اختلاف در شکل استخوان‌ها دلیل عمده‌ای است که افراد، مختلف به نظر می‌رسند. افراد را می‌توان براساس ریخت‌شناسی سر، به سه دسته تقسیم کرد. در (شکل-۲)، این سه دسته نشان داده شده‌اند. از راست به چپ جمجمه سر با طول کوتاه<sup>۱</sup> تولیدکننده چهره وجه گسترده<sup>۲</sup>؛ جمجمه سر طول متوسط<sup>۳</sup> تولیدکننده چهره وجه متوسط<sup>۴</sup> و جمجمه سر با طول بلند<sup>۵</sup> تولیدکننده چهره وجه باریک<sup>۶</sup> است (Li and Jain, 2009). بنابر تعریف لغتنامه مریام وبستر، وجه گسترده دارای چهره کوتاه و گسترده هستند، که دارای شاخص ۸۰ تا ۸۵ تعریف می‌شوند. نوع وجه متوسط، دارای چهره متوسط و

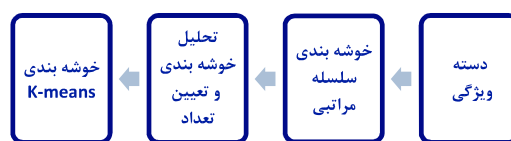
<sup>1</sup> Brachycephalic  
<sup>2</sup> Euryproscopic  
<sup>3</sup> Mesocephalic  
<sup>4</sup> Mesoproscopic  
<sup>5</sup> Dolicocephalic  
<sup>6</sup> Leptoproscopic

## ۲-۱-۳- تحلیل خوشه‌بندی

هدف خوشه‌بندی، انتخاب نمونه‌ها در خوشه‌هایی است که بیش‌ترین شباهت داخل گروهی و کم‌ترین شباهت بین گروهی را داشته باشند. مستقل از روش خوشه‌بندی در بسیاری از کاربردها نتایج خوشه‌بندی نیاز به بررسی و ارزیابی دارد (Halkidi, 2001). یک قسمت از مسأله خوشه‌بندی تعیین تعداد خوشه‌هاست؛ سپس مبتنی بر تعداد تعیین شده الگوریتم خوشه‌بندی، داده‌ها را به دسته‌هایی خوشه‌بندی می‌کند.

در این کار، ابتدا ویژگی‌هایی از چهره در نظر گرفته شد که روش خوشه‌بندی بیشترین اطلاعات را دریافت کند. به همین منظور مبتنی بر ویژگی‌های پیشنهادشده برای هندسه چهره و همچنین مبتنی بر مبانی نظری ایجاد تنوعات سه دسته ویژگی، از هندسه چهره استخراج شد. یک دسته مربوط به سنجش میزان تقارن اجزای چهره، دسته‌ای مربوط به قوانین نئوکلاسیک و دسته‌ای هم مربوط به نسبت‌های بین فواصل نقاط مشخصه<sup>۱</sup> چهره است. در بخش استخراج ویژگی این مشخصات توضیح داده شده‌اند.

در این کار برای داشتن یک خوشه‌بندی و تحلیل روایی مناسب، از روش خوشه‌بندی در دو قدم استفاده شده است (Zhang, Ramakrishnan et al., 1996). روندنمای کلی مراحل تخمین تعداد خوشه و خوشه‌بندی در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل-۳: روندنمای روش خوشه‌بندی

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، پس از استخراج ویژگی‌ها از تصاویر چهره در مرحله اول از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی تراکمی<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. با توجه به روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی در مراحل مختلف تعداد خوشه‌ها تغییر کرده بنابراین می‌توان با گذاشتن معیارهایی تعداد خوشه مناسب را هم تخمین زد. فاصله در نظر گرفته شده برای فاصله بین خوشه‌ها از نوع اقلیدسی است. پس از تحلیل تعداد خوشه‌ها و تعیین آنها در انتها از روش k میانگین برای خوشه‌بندی استفاده شده است.

## ۲-۲- تحلیل تفکیک‌پذیر مبتنی بر

### خوشه‌بندی

به‌منظور استفاده از دانش مربوط به خوشه‌بندی‌های ارائه شده در بهبود بازشناسی جلوه‌های هیجانی چهره، تحلیل تفکیک‌پذیر خطی به‌صورت زیر به کار گرفته می‌شود. بیشتر روش‌های تحلیل تفکیک‌پذیری بر اساس معیار فیشر که در فرمول (۱) نشان داده شده است، بنا شده‌اند:

$$\frac{|\mathbf{v}^T \mathbf{A} \mathbf{v}|}{|\mathbf{v}^T \mathbf{B} \mathbf{v}|} \quad (1)$$

که ماتریس‌های A و B ماتریس‌هایی متقارن و مثبت معین هستند. در LDA از ماتریس پراکندگی بین و داخل طبقه‌ای یعنی  $A = S_B$  و  $B = S_W$  طبق فرمول (۲) استفاده می‌شود.

$$S_B = \sum_{i=1}^C (\mathbf{u}_i - \mathbf{u})(\mathbf{u}_i - \mathbf{u})^T$$

$$S_W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^{n_i} (\mathbf{x}_{ij} - \mathbf{u})(\mathbf{x}_{ij} - \mathbf{u})^T \quad (2)$$

که  $x_{ij}$  z امین نمونه طبقه i است.  $\mathbf{u}_i$  متوسط طبقه i و  $\mathbf{u}$  بردار متوسط کلی است. با توجه به مبانی روش تحلیل تفکیک‌پذیر خطی مبنی بر گوسی فرض کردن توزیع داده‌ها، می‌توان عدم وجود توزیع گوسین در داده را ناشی از عوامل ایجاد تنوعات دانست. بنابراین هرچه عوامل ذاتی تنوعات شناسایی شوند، پیش‌بینی می‌شود تخمین بهتری از زیرفضاهای گوسی فضای اصلی داده، ایجاد شود. در این کار تلاش شده با تحلیل و بررسی عوامل ایجاد تنوعات در بروز جلوه‌های هیجانی، زیرخوشه‌های داده تصاویر بروز جلوه‌های هیجانی، شناسایی و با به‌کارگیری ماتریس در هر یک از خوشه‌ها فرض گوسی بودن بیشتر تقویت شود.

ماتریس نگاشت به زیرفضای جدید به قرار فرمول (۳) است. o شماره خوشه تعیین‌شده برای هر نمونه است. C تعداد طبقه مربوط به داده و  $\mathbf{u}(o)_i$  میانگین داده مربوط به طبقه i از خوشه o است.  $\mathbf{x}(o)_{ij}$  z امین نمونه طبقه i از خوشه o است.

$$S(o)_B = \sum_{i=1}^C (\mathbf{u}(o)_i - \mathbf{u}(o))(\mathbf{u}(o)_i - \mathbf{u}(o))^T$$

$$S(o)_W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^{n(o)_i} (\mathbf{x}(o)_{ij} - \mathbf{u}(o))(\mathbf{x}(o)_{ij} - \mathbf{u}(o))^T \quad (3)$$

<sup>1</sup> Fiducial points

<sup>2</sup> Agglomerative

در چهره شکل (۴) تعیین شده است. ویژگی‌های هندسی شامل زاویه بین رئوس HGF, HFI, FHJ و اندازه بردارهای  $C'C, OB, DB, OD, F'P', FP, JJ', PF, JF, FJ, I8, I4, I6, I4, I6$  و  $FC, CC', F'C'$  و  $F'C'$  است.

چهره به صورت ساختاری نامتقارن است. وابسته به نقاط مشخصه‌ای که در چهره در نظر گرفته شده بین ۴ تا ۱۲٪ اختلاف بین دو طرف چهره وجود دارد (Liu, Schmidt, 2003 et al., Li and Jain, 2009). موضوع عدم تقارن چهره به‌عنوان یک عامل مؤثر بر میزان جذابیت چهره افراد مورد مطالعه قرار گرفته است (Schmid, Marx et al., 2008). عامل دیگری که در افزایش عدم تقارن مشارکت دارد، بروز جلوه‌های هیجانی در چهره است؛ به طوری که افزایش عدم تقارن در نقطه اوج بروز جلوه‌ها، در نتیجه عدم تقارن ساختاری چهره است. عدم تقارن حرکتی، کوچک است، اما تغییرات معنی‌داری را نسبت به عدم تقارن کلی ایجاد می‌کند.

تقارن در این کار نسبت به خطی که بر روی نقاط میانی چهره درون‌یابی شده، به‌دست آمده است. نقاط مشخصه پیوست (۱) برای تحلیل تقارن نسبت به خط وسط در نظر گرفته شده است (Schmid, Marx et al., 2008). یازده، دو نقطه‌ای در نظر گرفته شد که برای آنها چهار تابع اندازه‌گیری تقارن پیوست (۱) به‌علاوه زاویه تقارنی محاسبه شد که در جمع ۵۵ ویژگی برای تقارن سنجی به‌دست آمد. همچنین هفده نسبت بین فواصل اجزای چهره مورد بررسی قرار گرفته‌اند؛ این نسبت‌ها در پیوست (۲) نشان داده شده‌اند. معیارهایی توسط نقاشان با عنوان قوانین نئوکلاسیک برای کشیدن چهره زیبا ارائه شده است که در قالب نه ویژگی مطرح هستند. با توجه به برجسب نقاط مشخصه چهره، شش ویژگی پیوست (۳) قابل استخراج است. ویژگی‌های پیوست را با ارائه ضریب تغییرات که برابر نسبت واریانس به میانگین فاصله ویژگی‌ها تعریف شده است به‌عنوان مقدار هر ویژگی کنن به‌کار گرفته‌اند. مقدار صفر یعنی داشتن شرایط و مقدار بزرگ یعنی اختلاف و نداشتن معیارهای کنن است.

برای استخراج اطلاعات مناسب از ویژگی‌های استخراجی از تحلیل مؤلفه‌های اساسی<sup>۲</sup> جهت کاهش بعد بردار ویژگی‌ها قبل از اعمال نگاشت تفکیک‌پذیر خطی استفاده شده است؛ سپس به‌منظور طبقه‌بندی از طبقه‌بند

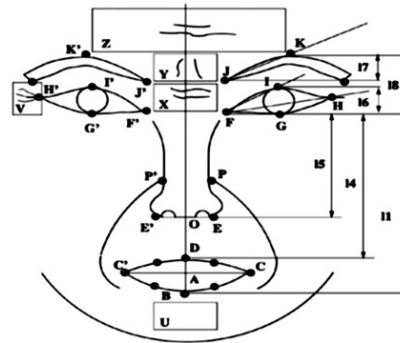
در مرحله آزمون هر بردار با نگاشت تفکیک‌پذیر مربوط به خوشه مربوطه‌اش کاهش بعد داده می‌شود که این ماتریس مطابق فرمول (۴) است.

$$M_o = (S(o)_W)^{-1} \times S(o)_B \quad (4)$$

### ۳- بازشناسی جلوه‌های هیجانی چهره

تلاش‌های زیادی برای بالابردن قابلیت اطمینان سامانه‌های بازشناسی و مقاوم‌بودن آنها نسبت به افراد مختلف در محیط‌های ناشناخته صورت گرفته است. استخراج ویژگی‌های مناسب شروع مناسبی برای افزایش توان بازشناسی سامانه است.

برای ارائه ویژگی‌های مناسب در بازشناسی هیجانات از ترکیب ویژگی‌های مبتنی بر ظاهر و هندسه چهره استفاده شده است؛ در این کار مجموعه‌ای از ویژگی‌های هندسی به‌کار گرفته شده جهت تشخیص هیجانات، میزان جذابیت چهره افراد و واحدهای کنشی که در کارهای قبل پیشنهاد شده بود در کنار یکدیگر به‌کار گرفته شدند (Schmid, Zhang, Fang et al., 2011; Marx et al., 2008). همچنین برای استخراج مشخصات بافت چهره از توصیف‌گر الگوهای دودویی محلی<sup>۱</sup> استفاده شده است (Moore and Bowden, 2011, 2012, Jafarzadeh and Mohammadian). که در کارهای قبل نتایج مناسبی داشته است. ترکیب ویژگی‌های ذکر شده و نحوه به‌کارگیری توصیف‌گر در قسمت‌هایی از چهره، جزء پیشنهادهای این مقاله است.



(شکل-۴): نقاط مشخصه چهره و حروف مربوط به آنها جهت استخراج ویژگی‌های هندسی (Zhang and Ji, 2005)

حروف به‌کار رفته در فرمول‌ها، براساس موقعیت آنها

<sup>2</sup> Principle Component Analysis (PCA)

<sup>1</sup> Local Binary Patterns (LBP)

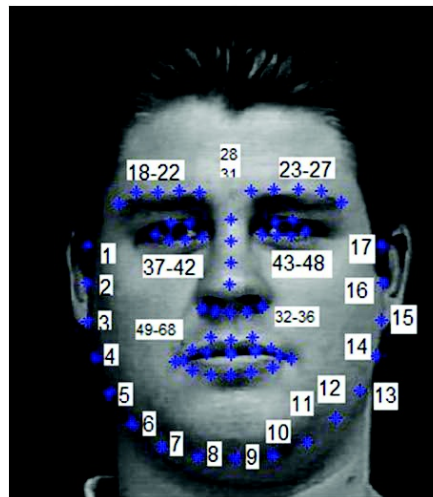
بیزین و روش ارزیابی ده دسته ده‌بار برای شناسایی جلوه‌های هیجانی به‌کار گرفته شده است.

#### ۴- نتایج

مطابق با روندنمای شکل (۱) نتایج در دو مرحله گزارش می‌شود. یکی نتایج تحلیل‌های خوشه‌بندی و جمع‌بندی از خوشه‌های مطرح برای چهره و سپس نتایج بازشناسی هیجانات براساس الگوریتم پیشنهادی که در ادامه آورده شده است. قابل ذکر است که تحلیل‌های خوشه‌بندی بر روی تصاویر خنثای چهره افراد انجام شده است.

#### ۴-۱- دادگان Cohn-Kanade+

در این کار از دادگان CK+ استفاده شده که توسعه‌یافته CK است. در این دادگان در مجموع تصاویر ۱۸ سوژه موجود است که ۳۲۶ داده ترتیبی است. جهت تحلیل خوشه‌بندی از تصاویر خنثای هر فرد استفاده شده که حدود ۳۲۶ نمونه است. برای بررسی خوشه‌بندی براساس هندسه چهره افراد از وضعیت نقاط مشخصه چهره که توسط روش AAM مشخص شده، استفاده شده است. این نقاط شامل ۶۸ نقطه مشخصه از چهره است (Lucey, Cohn et al., 2010).



(شکل-۵): محل و شماره نقاط مشخصه چهره (Lucey, Cohn et al., 2010)

#### ۴-۲- نتایج خوشه‌بندی

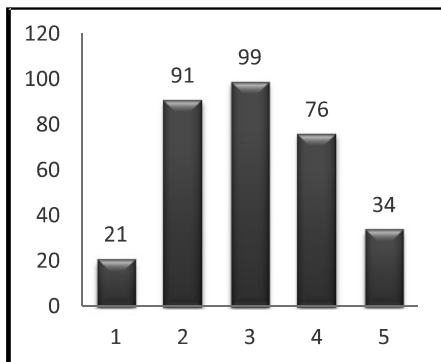
نتایج مربوط به سه نوع خوشه‌بندی اطلاعات چهره، در ادامه به ترتیب برای خوشه‌بندی مبتنی بر شاخص چهره، مبتنی بر جنسیت و مبتنی بر تحلیل خوشه‌بندی آورده شده است. برای خوشه‌بندی چهره‌ها براساس شاخص چهره، مقدار این شاخص توسط (۱) برای چهره‌های مختلف محاسبه شده است.

$$facial\ index = \frac{Face\ length}{Face\ width} \times 100 \quad (1)$$

از اعداد استاندارد علم سفالومتری<sup>۱</sup> که در (جدول - ۱) آورده شده برای طبقه‌بندی افراد استفاده شده است (Jahanshahi, Gotalipour et al., 2008).

جدول-۱: بازه شاخص چهره برای انواع چهره		
شماره	شکل چهره	بازه شاخص چهره
۱	خیلی گسترده	$\geq 79/9$
۲	گسترده	$80-84/9$
۳	متوسط	$85-89/9$
۴	باریک	$90-94/9$
۵	خیلی باریک	$\leq 95$

نمودار توزیع افراد در بین خوشه‌های مختلف تعیین‌شده توسط شاخص چهره، در (شکل-۶) نشان داده شده است. مشخصات هر نوع چهره، در جدول (۱) آورده شده است.



(شکل-۶): نمودار فراوانی افراد دادگان در ۵ نوع چهره

در بخش خوشه‌بندی مبتنی بر جنسیت فرد، ابتدا معنی‌داری این مشخصه به‌عنوان عامل خوشه‌بندی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد مردها و خانم‌های دادگان، به ترتیب

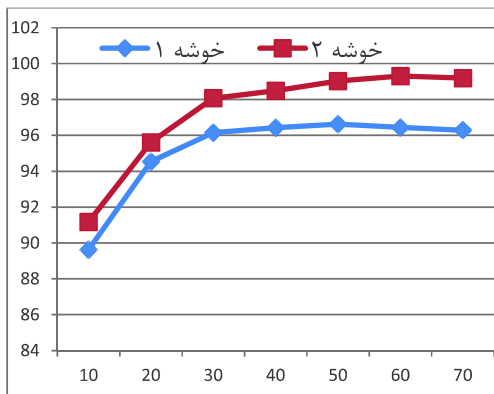
موقعیت هر یک از نقاط مشخصه چهره و شماره آنها، در (شکل-۵) نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Cephalometric

نتایج نرخ بازشناسی همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها مبتنی بر خوشه‌بندی تحلیلی برای تقارن‌سنجی اجزای چهره، در شکل (۸) نشان داده شده است.



(شکل-۷): نرخ بازشناسی هیجانات همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها مبتنی بر جنسیت



(شکل-۸): نرخ بازشناسی هیجانات همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها مبتنی بر خوشه‌بندی تقارن اجزای چهره

در (شکل-۹) نمودار تغییر نرخ بازشناسی هیجانات همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها مبتنی بر خوشه‌بندی مربوط به پنج نوع چهره نشان داده شده است. این انواع چهره براساس شاخص چهره به چهره‌هایی با عناوین وجوح خیلی گسترده، گسترده، متوسط، باریک و خیلی باریک به‌عنوان خوشه‌های ۱ تا ۵ نام‌گذاری شده‌اند.

جهت مقایسه، روش‌های پیشنهادی با روش تحلیل تفکیک‌پذیر خطی فیشر مقایسه شده‌اند. نمودار تغییرات روش پایه در (شکل-۱۰) به نمایش در آمده است.

حدود هشتاد و چهل نفر بوده است. برای کمی‌سازی جنسیت، تحلیلی بر روی معنی‌داری اختلاف ویژگی‌های چهره دو جنس صورت گرفت. ۳۷ ویژگی از ۱۱۹ ویژگی هندسی با آزمون T-Test به‌صورت معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بین دو جنس اختلاف دارند. بر چسب جنسیت از اطلاعات دادگان به‌صورت دستی تعیین شده است.

در این بخش نتایج تحلیل خوشه‌بندی بر روی مشخصات هندسی تصاویر خنثای افراد گزارش شده است. تحلیل خوشه‌بندی بر روی دسته ویژگی‌های تقارن‌سنجی، نسبت‌های طلایی و قوانین نئوکلاسیک انجام گرفته است. نتایج تحلیل‌ها بر روی سه دسته ویژگی، به‌صورت جداگانه بر حسب مراحل (شکل-۲) صورت گرفت. برای دو دسته قوانین نئوکلاسیک و نسبت‌های طلایی خوشه معنی‌داری به‌دست نیامد؛ اما ۵۵ ویژگی تقارن‌سنجی چهره دارای دو خوشه معنی‌دار بودند و براساس شاخص روایی سیلپوت<sup>۱</sup> سطح کیفیت خوشه‌بندی نیز مناسب به‌دست آمده است. تحلیل خوشه‌بندی در برنامه SPSS19 صورت گرفته است.

### ۴-۳- نتایج بازشناسی هیجانات

نتایج بازشناسی با روش ده دسته ده‌بار بر روی هر تصویر از دادگان که دارای برچسب هفت هیجان پایه بودند، گزارش شده‌اند. براساس ویژگی‌های پیشنهادی و روش کاهش بعد تحلیل مؤلفه‌های اساسی و طبقه‌بندی بیزین شرایط یکسان برای مقایسه روش‌های مختلف تحلیل تفکیک‌پذیر ایجاد شده است.

برای انتخاب تعداد مؤلفه مناسب جهت طبقه‌بندی بهتر، برای هر یک از روش‌ها مقدار متوسط نرخ بازشناسی با تغییر تعداد مؤلفه در شکل‌های (شکل-۷)، (شکل-۸)، (شکل-۹) و (شکل-۱۰) نمایش داده شده است. برای جمع‌بندی و مقایسه نتیجه هر روش بیشترین نرخ بازشناسی در (جدول-۲) گزارش شده است.

در روش‌های پیشنهادی، نتایج بازشناسی برای سه دسته خوشه‌بندی مطرح به‌دست آمده است. این سه دسته شامل جنسیت، شاخص هندسی چهره و میزان تقارن اجزای چهره است. در (شکل-۷) نمودار تغییر نرخ بازشناسی همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها برای دو دسته داده مربوط به آقایان و خانم‌ها نشان داده شده است.

<sup>1</sup> Silhouette

پایه، ماتریس اختلاط بین هیجان‌های مختلف برای بهترین روش به شرح (جدول-۳) آورده شده است.

تغییر	تاریخی	خوشحالی	ترس	تنگر	تحقیر	عصبانیت	
عصبانیت	۰/۱۳	۰	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰	۹۹/۳
تحقیر	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰
تنگر	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰	۹۸/۶	۰	۰
ترس	۰/۶۴	۰	۰/۲۱	۹۸/۹۳	۰/۲	۰	۰
خوشحالی	۰/۵۵	۰/۰۸	۹۹	۰	۰/۰۷	۰	۰/۲۴
ناراحتی	۰/۷۷	۹۸/۴	۰	۰	۰/۳۸	۰	۰/۳۸
تعجب	۹۷/۹۹	۰/۰۸	۰/۵۰	۰/۳۴	۰/۷۵	۰	۰/۳۴

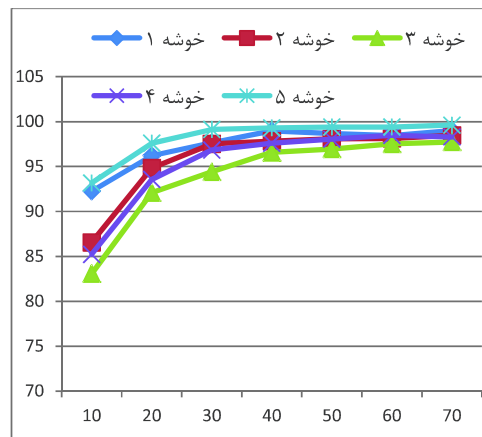
در (جدول-۳) بدترین نرخ مربوط به هیجان تعجب و بهترین نتیجه مربوط به هیجان تحقیر است. این ماتریس براساس هفت هیجان بدون حالت خنثی گزارش شده است؛ نرخ بازشناسی حالت خنثی حدود ۳۸٪ بوده است. اختلاط هیجان‌ها با حالت خنثای چهره افراد زیاد است؛ اما اختلاط بین هیجانی بسیار پایین است.

در این بخش بهترین نتیجه به دست آمده از روش پیشنهادی با نتایج تعدادی از روش‌های قبلی به کار گرفته شده بر روی دادگان CK+ در (جدول-۴) مقایسه شده است. این نکته قابل ذکر است که نتایج کارها به طور مستقیم قابل مقایسه نیستند، زیرا دارای اختلاف در انتخاب تعداد سوژه، تعداد هیجان پایه و یا نحوه ارزیابی هستند؛

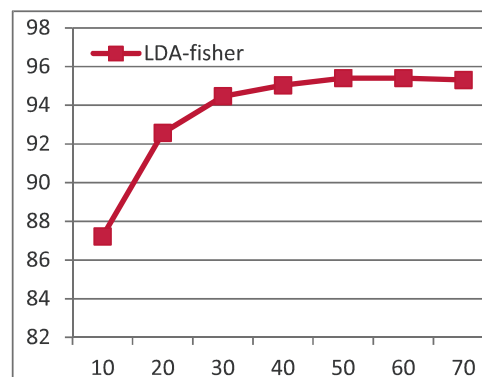
مراجع	تعداد	پایه	نتیجه	ارزیابی	گروه
(Gu, Å et al., 2012)	۹۴	۷	خیر	۱۰ گروه	۹۱/۵۱
(Shan, Gong et al., 2009)	۹۶	۷	خیر	۱۰ گروه	۹۱/۴
(Chiu, Fang et al., 2001)	۲۶	-	خیر	LOO	۸۷/۲۱
(Lucey, Cohn et al., 2010)	۱۱۸	۷	خیر	LOO	۸۳/۳۲
پیشنهادی	۱۱۸	(۷)۸	خیر	۱۰ دسته (۹۸/۶۶)	۸۷/۵۵
پیشنهادی	۱۱۸	۷	بله	۱۰ گروه	۹۵/۸

اما در مجموع نتیجه به دست آمده در حالت ده دسته ده‌بار، بر روی کل قالب‌های برچسب‌خورده برای هفت

همان‌طور که در (جدول-۲) نشان داده شده است، برتری نتایج روش‌های پیشنهادی نسبت به نتیجه روش پایه مشخص شده است.



(شکل-۹): نرخ بازشناسی هیجان‌ها همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها مبتنی بر خوشه‌بندی شاخص چهره



(شکل-۱۰): نرخ بازشناسی روش پایه همراه با تغییر تعداد مؤلفه‌ها

روش	پایه	نرخ بازشناسی
LDA-fisher	پایه	۹۵/۷۵
مبتنی جنسیت	پیشنهادی ۱	۹۸/۰۲
مبتنی بر شاخص چهره	پیشنهادی ۲	۹۸/۶۶
مبتنی بر تقارن سنجی	پیشنهادی ۳	۹۷/۹۷

در بین روش‌های پیاده‌سازی شده، میانگین بهترین نتیجه مربوط به روش پیشنهادی مبتنی بر خوشه‌بندی شاخص چهره بود که مطابق (جدول-۲) دارای صحت ۹۸/۶۶٪ است. علاوه بر میانگین نرخ بازشناسی هفت هیجان



اختلاف در چهره افراد هستند. خوشه‌بندی ویژگی‌های کمی‌شده در حوزه علم اندازه‌گیری قسمت‌های بدن، دانش مناسبی برای خوشه‌بندی و تقسیم چهره به انواع مختلف است که در این مقاله از آن استفاده شد. موضوع دیگری که به‌عنوان معیاری برای تقسیم چهره افراد به انواع مختلف مورد توجه قرار گرفت، جنسیت فرد بود؛ به‌طوری‌که با توجه به اختلاف معنی‌دار ویژگی‌های استخراجی از چهره افراد نتایج نشان می‌دهد که زن و مرد بودن می‌تواند عامل ایجاد تنوعات در مشخصات چهره افراد باشد و زمینه‌ای برای خوشه‌بندی چهره افراد قرار گیرد. نتایج تحلیل خوشه‌بندی چهره افراد، ویژگی‌های مرتبط با تقارن اجزای چهره در دادگان را مناسب برای دسته‌بندی افراد پیشنهاد کرد.

با توجه به ذاتی بودن تعدادی از عوامل اشاره‌شده جهت خوشه‌بندی چهره، این نوع خوشه‌بندی دربردارنده دانشی است که عامل ایجاد تنوعات در بروز جلوه‌های هیجانی شده است. می‌توان پیش‌بینی کرد که با افزایش تعداد دادگان، این نوع خوشه‌بندی بیش از پیش تقویت می‌شود؛ زیرا دادگان مناسب برای هر خوشه فراهم می‌شود.

در این مقاله نشان داده شد که با شناسایی این دانش‌ها و به‌کارگیری آنها می‌توان تعمیم سامانه بازشناسی را توسط روش ساده تحلیل تفکیک‌پذیر خطی افزایش داد. هر چه دانش مربوط به عوامل مؤثرتر مربوط به ایجاد تنوعات در بروز جلوه‌های هیجانی بیشتر شناسایی شود، تأثیر به‌کارگیری این دانش در افزایش نرخ بازشناسی بیشتر مشاهده خواهد شد. برای مقایسه اثر هر یک از دانش‌های خوشه‌بندی ارائه‌شده، لازم است تا در دادگان‌های بزرگتر مورد بررسی قرار گیرد.

در بین روش‌های پیاده‌سازی‌شده میانگین بهترین نتیجه مربوط به روش پیشنهادی مبتنی بر خوشه‌بندی شاخص چهره بود که مطابق (جدول- ۲) صحت  $98.66\%$  دارد. با توجه به سادگی تعیین این نوع از خوشه‌بندی، پیش‌بینی می‌شود که در کنار افزایش کارایی سامانه بازشناسی، تأثیر زیادی بر روی زمان محاسبه نداشته باشد.

دانش خوشه‌بندی ارائه شده، قابلیت به‌کارگیری در دیگر الگوریتم‌های افزایش تفکیک‌پذیری و یا طبقه‌بندی در حوزه بازشناسی جلوه‌های هیجانی چهره را دارد. پیشنهاد می‌شود این دانش بر روی روش‌های دیگر کاهش بعد با سرپرستی به‌کار گرفته شود و همچنین رابطه به‌کارگیری این دانش با افزایش تعداد افراد دادگان مورد بررسی قرار

هیجان پایه  $98.66\%$  به‌دست آمد، که حدود  $2/9\%$  رشد آن ناشی از به‌کارگیری روش پیشنهادی بود. به‌دلیل اختلاف در تعداد سوز و روش ارزیابی نتیجه بهتر به معنای برتری مطلق بر دیگر روش‌ها نیست؛ بلکه این بهبود برای بعضی از روش‌های قبلی نیز قابل بررسی خواهد بود. همچنین نتیجه بازشناسی روش پایه ارائه‌شده در حالت ده گروه ده‌بار نیز در مقایسه با سامانه مشابه خود که به‌عنوان نتیجه مرجع بر روی دادگان گزارش شده است، نیز نتیجه قابل توجه  $95.8\%$  در تشخیص چند فریم اوج هر هیجان داشته است.

(جدول- ۵): مقایسه نتیجه روش پیشنهادی برای دو روش

ارزیابی			
روش	ارزیابی	روش پایه	پیشنهادی
CBDA	۱۰ دسته (کل فریم)	۹۵/۷۵	۹۸/۶۶
CBDA	۱۰ گروه (۳ فریم قله)	۹۵/۸	۹۰/۵۶

همان‌طور که در (جدول- ۵) نشان داده شده است، روش پیشنهادی مبتنی بر تقارن‌سنجی در حالت ده بار ده دسته بهبود قابل توجهی نسبت به روش پایه نشان داده است. درحالی‌که روش پیشنهادی در حالت ده گروه ده بار که نتایج مستقل از شخص بروز دهنده هستند، نسبت به روش پایه کاهش قابل توجهی به دنبال داشت. تحلیل‌ها بیانگر آن است که در حالت اول، تشخیص براساس داده مربوط به خوشه هر فرد باعث کاهش حجم داده آموزش و در نتیجه قدرت یادگیری بیشتر می‌شود و از آنجا که داده آزمون نزدیک به داده یادگیری است، نتیجه بازشناسی افزایش می‌یابد؛ اما در حالت دوم که مستقل از فرد بروز دهنده است، داده آزمون اختلاف قابل توجهی نسبت به داده آموزش دارد و افزایش نرخ یادگیری لزوماً نرخ بازشناسی را افزایش نداده و شاید قدرت تعمیم را هم کاهش داده است؛ بنابراین الویت اولیه در به‌کارگیری روش پیشنهادی برای مواجهه با دادگان‌های حجیم با قدرت تعمیم متوسط است.

## ۵- جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله با هدف استفاده از دانش خوشه‌بندی چهره افراد در بهبود بازشناسی، شاخص‌هایی برای تحلیل خوشه‌بندی مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که در مبانی نظری عوامل ایجاد تنوعات در حوزه آناتومی و فیزیولوژی چهره آورده شده است، ساختار جمجمه و جنسیت و عدم تقارن در اجزای چهره، عامل‌های معنی‌داری برای ایجاد

Chen, X.-w. and T. Huang (2003). "Facial expression recognition : A clustering-based approach." Pattern Recognition Letters 24: 1295-1302.

Chiu, T., D. Fang, J. Chen, Y. Wang and C. Jeris (2001). A robust and scalable clustering algorithm for mixed type attributes in large database environment. Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining. San Francisco, California, ACM: 263-268.

Cohen, I., N. Sebe, A. Garg, L. S. Chen and T. S. Huang (2003). "Facial expression recognition from video sequences : temporal and static modeling." Computer Vision and Image Understanding 91: 160-187.

Cohn, J. F. (2010). "Advances in Behavioral Science Using Automated Facial Image Analysis and Synthesis [Social Sciences]." Signal Processing Magazine, IEEE 27(6): 128-133.

Gu, W., C. X. Ā, Y. V. Venkatesh, D. Huang and H. Lin (2012). "Facial expression recognition using radial encoding of local Gabor features and classifier synthesis." Pattern Recognition 45(1): 80-91.

Gündüz Arslan, S., C. Genç, B. Odabaş and J. Devecioğlu Kama (2008). "Comparison of Facial Proportions and Anthropometric Norms Among Turkish Young Adults With Different Face Types." Aesthetic Plastic Surgery 32(2): 234-242.

Halkidi, M. (2001). "On Clustering Validation Techniques." Interpretation A Journal Of Bible And Theology: 107-145.

Jafarzadeh, M. and A. Mohammadian (2012). Using Dimension Reduction of Local Binary Patterns To improve Facial Expression Recognition. Electrical Engineering, 20th Iranian Conference on. Tehran.

Jahanshahi, M., M. J. Golalipour and K. Heidari (2008). "The effect of ethnicity on facial anthropometry in Northern Iran." Singapore Medical Journal 49(11): 940-943.

Lajevardi, S. M. and Z. M. Hussain (2012). "Automatic facial expression recognition: feature extraction and selection." Signal, Image and Video Processing 6(1): 159-169.

Li, S. Z. and A. K. Jain (2009). Encyclopedia of Biometrics, Springer.

Lien, J.-j. J. (1998). Automatic recognition of facial expressions using hidden Markov models and estimation of expression intensity. Ph.D, Washington University.

Liu, Y., K. L. Schmidt, J. F. Cohn and S. Mitra (2003). "Facial asymmetry quantification for express-

گیرد. برای این کار نیازمند استفاده از چندین دادگان با استانداردهای برچسب‌زنی یکسان یا دادگان حجیم هستیم.

### پیوست ۱- شماره نقاط چهره برای تقارن‌سنجی (Schmid, Marx et al., 2008)

Eyebrow (points 20 and 25; points 18 and 27)  
 Eye (points 37 and 46; points 40 and 43; points 42 and 47)  
 Nose (points 32 and 36)  
 Lips (points 51 and 53; points 55 and 61)  
 Face (points 1 and 17; points 3 and 15; points 6 and 12)

توابع زیر برای محاسبه تقارن با فرض اندازه‌گیری فاصله هر یک از نقاط چپ و راست چهره از خط وسط صورت مورد استفاده قرار گرفته است.

$$\text{ratio}(d) = \frac{d_L}{d_R}$$

$$\text{Addiff} = \frac{(d_L - d_R)}{\frac{d_L + d_R}{2}}$$

$$\ln(\text{ratio}(d)) = \ln\left(\frac{d_L}{d_R}\right)$$

$$\text{Diff}(d) = d_L - d_R$$

### پیوست ۲- ویژگی‌های نسبت‌های طلایی (Schmid, Marx et al., 2008)

Mideye distance to interocular distance  
 Mideye distance to nose width  
 Mouth width to interocular distance  
 Lips–chin distance to interocular distance  
 Lips–chin distance to nose width  
 Interocular distance to eye fissure width  
 Interocular distance to lip height  
 Nose width to eye fissure width  
 Nose width to lip height  
 Eye fissure width to nose–mouth distance  
 Lip height to nose–mouth distance  
 Length of face to width of face  
 Nose–chin distance to lips–chin distance  
 Nose width to nose–mouth distance  
 Mouth width to nose width

### پیوست ۳- قوانین نئوکلاسیک (Schmid, Marx et al., 2008)

Forehead height = nose length = lower face height  
 Nose length = ear length  
 Interocular distance = nose width  
 Interocular distance = right or left eye fissure width  
 Mouth width = 1.5 × nose width  
 Face width = 4 × nose width

## ۶- مراجع

Chen, J., X. Liu, P. Tu and A. Aragonés (2013). "Learning person-specific models for facial expression and action unit recognition." Pattern Recognition Letters 34(15): 1964-1970.



Zhang, S.-c., B. I. N. Fang, Y.-z. Liang, J. Wen and L. E. I. Wu (2011). A face clustering method based on facial shape information. International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition.

Zhang, T., R. Ramakrishnan and M. Livny (1996). BIRCH: an efficient data clustering method for very large databases. ACM SIGMOD Record, ACM.

Zhang, Y. and Q. Ji (2005). "Active and Dynamic Information Fusion for Facial Expression Understanding from Image Sequences." Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on 27(5): 699-714.

Zhao, G., X. Huang, M. Taini, S. Z. Li and M. Pietikäinen (2011). "Facial expression recognition from near-infrared videos." Image and Vision Computing 29(9): 607-619.



**امین محمدیان** در مقطع کارشناسی مهندسی پزشکی در سال ۱۳۸۱ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر فارغ‌التحصیل شده و کارشناسی ارشد خود را در گرایش بیوالکتریک بخش مهندسی برق دانشگاه تربیت مدرس تهران در سال ۱۳۸۴ به‌تمام رسانده است. وی هم‌اکنون دانشجوی دکترای مهندسی پزشکی در دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. زمینه‌های کاری او: شناسایی الگو، پردازش سیگنال‌های زیستی و تصویر است. نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

[a.mohammadian@aut.ac.ir](mailto:a.mohammadian@aut.ac.ir)



**حسن آفائی‌نیا** کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۶۷ در رشته مهندسی برق گرایش الکترونیک از دانشگاه صنعتی امیرکبیر اخذ کرده است. ایشان همچنین در رشته

مهندسی برق گرایش الکترونیک در سال ۱۳۷۱ مدرک D.E.A و در سال ۱۳۷۵ دکترا خود را از دانشگاه والنسین فرانسه (UVHC) دریافت کردند. ایشان هم‌اکنون دانشیار دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر هستند و از ایشان بیش از ۱۱۰ مقاله در مجلات و کنفرانس‌های معتبر علمی به چاپ رسیده است. ایشان همچنین عضو هیأت

ion invariant human identification." Computer Vision and Image Understanding 91(1-2): 138-159.

Lucey, P., J. F. Cohn, T. Kanade, J. Saragih, Z. Ambadar and I. Matthews (2010). The Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression. Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), IEEE Computer Society Conference on: 94-101.

Lucey, P., J. F. Cohn, I. Matthews, S. Lucey, S. Sridharan, J. Howlett and K. M. Prkachin (2011). "Automatically detecting pain in video through facial action units." Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on 41(3): 664-674.

Maalej, A., B. B. Amor, M. Daoudi, A. Srivastava and S. Berretti (2011). "Shape analysis of local facial patches for 3D facial expression recognition." Pattern Recognition 44(8): 1581-1589.

Maronidis, A., D. Bolis, A. Tefas and I. Pitas (2011). "Improving subspace learning for facial expression recognition using person dependent and geometrically enriched training sets." Neural Networks 24(8): 814-823.

Moore, S. and R. Bowden (2011). "Local binary patterns for multi-view facial expression recognition." Computer Vision and Image Understanding 115(4): 541-558.

Prosopo, Í. and F. D. Estudiantes (2011). "Study of Prosopic ( Facial ) Index of Indian and Malaysian Students." 29(3): 1018-1021.

Rudovic, O., V. Pavlovic and M. Pantic (2013). Automatic Pain Intensity Estimation with Heteroscedastic Conditional Ordinal Random Fields. Advances in Visual Computing, Springer: 234-243.

Sandbach, G., S. Zafeiriou, M. Pantic and D. Rueckert (2012). "Recognition of 3D facial expression dynamics." Image and Vision Computing 30(10): 762-773.

Schmid, K., D. Marx and A. Samal (2008). "Computation of a face attractiveness index based on neoclassical canons, symmetry, and golden ratios." Pattern Recognition 41(8): 2710-2717.

Shan, C., S. Gong and P. W. McOwan (2009). "Facial expression recognition based on Local Binary Patterns : A comprehensive study." Image and Vision Computing 27(6): 803-816.

Veropoulos, K., G. Bebis and M. Webster (2005). Investigating the impact of face categorization on recognition performance. Advances in Visual Computing, Springer: 207-218.

تحریریه مجله علمی و پژوهشی IJICTR هستند. زمینه‌های تحقیقاتی ایشان عبارتند از: سیستم‌های مخابرات دیجیتال و پردازش سیگنال با محوریت پردازش تصویر. نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

[Aghaeini@aut.ac.ir](mailto:Aghaeini@aut.ac.ir)



### فرزاد توحیدخواه مدارک

کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۶۸ در رشته مهندسی برق از دانشگاه صنعتی امیرکبیر اخذ کرده و سپس برای دوره دکتری عازم کشور

کانادا شد. ایشان در سال ۱۳۷۵ مدرک دکترای خود را در رشته مهندسی پزشکی از دانشگاه ساسکاچوان دریافت کرد. ایشان هم‌اکنون استاد تمام و عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی پزشکی دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و ریاست این دانشکده را به عهده دارند. ایشان همچنین سردبیر فصلنامه علمی- پژوهشی مهندسی پزشکی، عضو هیأت تحریریه مجله امیرکبیر دانشگاه صنعتی امیرکبیر و عضو کمیته مهندسی پزشکی شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری هستند. زمینه‌های تحقیقاتی ایشان عبارتند از کنترل حرکات انسان، مدل‌سازی و کنترل سیستم‌های بیولوژیکی، و مهندسی سیستم‌های عصبی.

نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:

[Towhidkhanlou@aut.ac.ir](mailto:Towhidkhanlou@aut.ac.ir)