

## آشکارسازی چهره انسان در تصاویر دیجیتال

علیرضا زارعی      امین‌اله مه‌آبادی

دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

### چکیده

در این مقاله روشی چالاک سریع و با دقت بالا برای تشخیص تصویر چهره انسانی در تصاویر رنگی ارائه می‌شود که بیشتر تمرکز آن در یادگیری جزئی برای کاربرد در ملیت‌های خاص و تصاویر پوستی همگون است. روش پیشنهادی به‌دلیل استفاده از مدل پوست در تصاویر رنگی و الگوی چهره، متفاوت با روش‌های دیگر است و نیازی به آموزش و یادگیری به روش‌های سنتی را ندارد. مستقل از وضعیت نورپردازی، رنگ پس‌زمینه، موقعیت چهره، زاویه چرخش حول محور صورت، اندازه تصویر، وضوح تصویر و شرایط عکس‌برداری است. ضمناً تصاویر دارای ریش، عینک، با حالت خنده و بدون محدودیت تعداد چهره‌های موجود نیز آشکار می‌سازد. نتایج آزمایش‌های تجربی بر روی نمونه‌های تصویر رنگی استاندارد و خاص حاوی چهره‌های متعدد و متفاوت انسانی با پس‌زمینه پیچیده، تحت شرایط مختلف محیطی با همزمانی وجود چندین چهره در یک تصویر، نشان می‌دهد که سیستم از دقت ۹۷٪ الی ۹۸٪ با جامعیت و مانعیت خوب در شرایط مختلف برخوردار است.

**کلمات کلیدی:** پردازش تصویر، کشف چهره انسان، مدل پوست، رنگ پوست.

### ۱- مقدمه

عدم حساسیت به تغییرات هندسی چهره است و نیازی به آموزش و یادگیری پیچیده ندارد و بیشتر تمرکز آن در یادگیری جزئی برای کاربرد در ملیت‌های خاص و تصاویر پوستی همگون است.

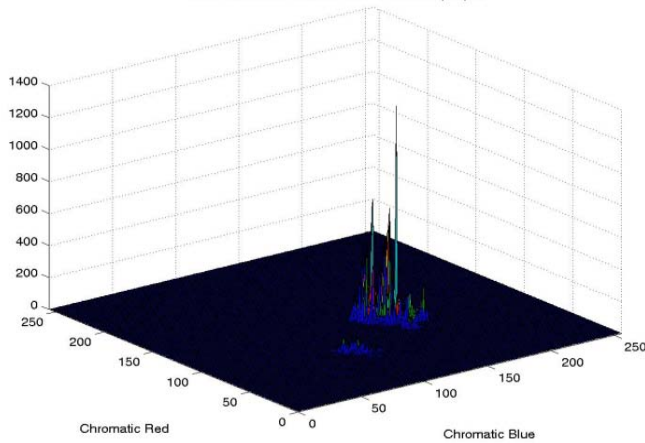
در ادامه، مقاله ابتدا به کارهای مرتبط در بخش ۲ می‌پردازد. در بخش ۳ روش پیشنهادی طرح می‌شود. مدل پوست در بخش ۴ و نحوه بخش‌بندی پوست در بخش ۵ ارائه می‌گردد. نحوه تشخیص نواحی پوستی در بخش ۶ بیان می‌شود. بخش ۷ مبین مدل چهره است و نتایج آزمایش‌های تجربی در بخش ۸ ارائه و نهایتاً مقاله در بخش ۹ نتیجه‌گیری می‌شود.

### ۲- کارهای مرتبط

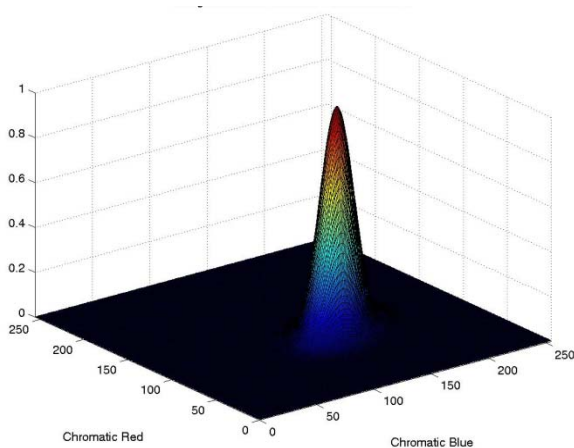
یک سیستم مطمئن تشخیص چهره براساس رنگ پوست و ویژگی‌های هندسی متمرکز است. دقت این روش‌ها ۹۵٪ است [۲۶]. همچنین رایانه روش‌های شبکه عصبی یا براساس مدل‌های آماری در فضای رنگی هستند [۲۸-۲۹]. مثلاً از هیستوگرام برای بیان بافت محلی و شکل تصویر سراسری استفاده می‌کنند [۲۶].

هدف نهایی تحقیقات بینایی ماشین ایجاد یک سیستم خودکار تشخیص چهره است که بتواند کارآتر از انسان باشد. اما به‌دلیل استفاده از مدل‌ها و ساختارهای بسیار پیچیده توسط مغز انسان، رسیدن به قدرت و سرعت تشخیص او توسط ماشین فعلاً بعید به نظر می‌رسد [۱-۲]. تشخیص چهره به‌عنوان گام اساسی در تشخیص هویت انسان، لب خوانی، بازیابی تصویر براساس محتوا، فشرده‌سازی تصویر و مانند آن است. مطالعات بسیاری در این زمینه انجام گرفته است. معمولاً کشف چهره با استفاده از روش‌های مبتنی بر مدل، ویژگی‌ها، تطبیق الگو، بافت، شبکه عصبی، عمق و رنگ پوست انجام می‌شود [۳-۱۷]. اهمیت روش‌های موجود در استفاده از تصاویر خاکستری است در حالی که بیشتر تصاویر امروزی رنگی هستند [۱۱-۲۱]. روش‌های جدید از تصویررنگی برای تشخیص چهره بهره می‌برند [۲۲-۲۵]. در این مقاله روشی جهت آشکارسازی چهره در تصاویر رنگی، مستقل از رنگ پس‌زمینه، شرایط عکس‌برداری و تعداد چهره‌های موجود در تصویر ارائه می‌شود. این روش پیشنهادی بدون محاسبات پیچیده دارای سرعت پردازش بالا،

مختلف در محدوده کوچکی از فضای رنگی کروماتیک قابل طبقه‌بندی است [۱۱]. گرچه ظاهراً به نظر می‌رسد که رنگ پوست افراد در محدوده وسیعی متغیر باشد اما از لحاظ رنگ خیلی کمتر تفاوت دارند تا تفاوت در روشنایی. به عبارت دیگر رنگ پوست افراد مختلف بسیار بهم نزدیک هستند و تفاوت محسوس، در شدت آن است که نتایج این تحقیقات به استفاده از مدل رنگ پوست در فضای کروماتیک در روش پیشنهادی منجر شده است.



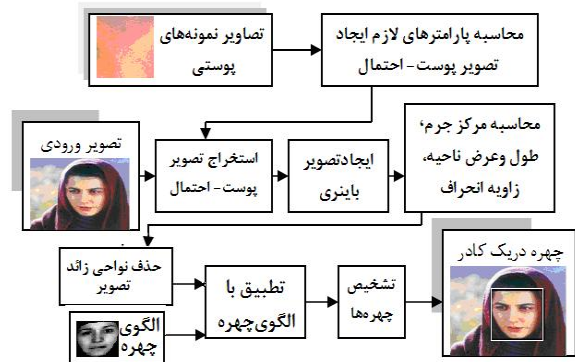
شکل ۲- توزیع رنگ پوست افراد مختلف



شکل ۳- برازش رنگ پوست در توزیع گوسی

از ۱۵۰ نمونه پوستی گرفته شده از ۳۵ تصویر رنگی برای تعیین توزیع رنگ پوست انسان در فضای کروماتیک استفاده شده و نمونه‌ها از افراد با نژادهای گوناگون آسیایی، اروپایی، قفقازی، آفریقایی و لاتین اخذ گردیده است. سپس نمونه‌های پوستی با استفاده از فیلتر پایین‌گذر برای کاهش نویز بهبود یافته است. شکل ۲، توزیع رنگ این نمونه‌های پوستی را در فضای کروماتیک نشان می‌دهد. هیستوگرام رنگی شکل ۲ نشان‌دهنده توزیع رنگ پوست افراد مختلف در فضای کروماتیک است که در محدوده مشخصی گرد آمده است. توزیع رنگ پوست با مدل گوسی  $N(m, c)$  و به شرح رابطه (۱) نمایش داده می‌شود. شکل ۳، توزیع گوسی برازش شده مطابق داده‌ها را ارائه می‌دهد. با بکارگیری این مدل رنگ پوست و با استفاده از رابطه (۲)، احتمال تعلق هر پیکسل به ناحیه پوستی در تصویر بدست می‌آید. مدل رنگ پوست می‌تواند تصویر رنگی را به یک تصویر خاکستری بدل کند که در آن ارزش هر پیکسل نمایانگر احتمال پوست بودن آن نقطه است. با آستانه‌گیری تطبیقی از این تصویر، یک تصویر باینری بدست می‌آید

از ماشین بردار پشتیبان و کلاس‌بندی آداپوست با ساختار آموزش در فضای مختلف نیز استفاده شده است [۲۸]. کارایی هیستوگرام و مدل‌های تشخیص پوست و یافتن مدل‌های هیستوگرام بسیار عالی عمل می‌کنند و باعث افزایش دقت و کاهش هزینه می‌شوند [۳۰]. مدل‌های تشخیص براساس رنگ پوست بسیار ساده، قابل اعتماد و بسیار سریع‌تر از روش‌های دیگر هستند. ما روشی براساس رنگ پوست، فضای احتمال پوست و الگوی چهره ارائه می‌دهیم که از ویژگی‌های سادگی، قابلیت اعتماد، سرعت، تشخیص در پس‌زمینه پیچیده، وجود چهره با اندازه‌های متفاوت و تحت محیط‌های مختلف برخوردار است.



شکل ۱- الگوریتم آشکارسازی چهره انسان در تصاویر رنگی

## ۳- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی ما در قالب یک سیستم تعیین هویت پیاده‌سازی شده است. روال انجام کار مطابق الگوریتم شکل ۱ است که در ابتدا با دریافت نمونه‌های پوستی و استخراج مدل پوست-احتمال آغاز می‌شود؛ محاسبات مرکز جرم، ابعاد ناحیه و زاویه انحراف انجام می‌گیرد؛ نواحی زائد حذف می‌گردد؛ با الگوی چهره (تهیه شده از نمونه‌ها) تطبیق داده می‌شود؛ نهایتاً چهره‌های انسانی استخراج می‌گردد. روش ما می‌تواند به‌عنوان یک مرحله چالاک و کم وزن برای روش‌های دیگر استفاده شود که بیشتر تمرکز ما در مرحله یادگیری جزئی برای کاربرد در ملیت‌های خاص و تصاویر پوستی همگون است.

## ۴- مدل پوست

به‌منظور بخش‌بندی نواحی پوستی بر مبنای رنگ، به یک مدل رنگ پوست با قابلیت تطبیق برای افراد با رنگ‌های مختلف پوستی و شرایط نوری متفاوت نیاز داریم. در این بخش یک مدل رنگ پوست در فضای رنگی کروماتیک برای بخش‌بندی نواحی پوستی ارائه می‌شود. نمایش RGB متداول عکس‌های رنگی جهت توصیف رنگ پوست مناسب نیست زیرا در این فضا سه مولفه سازنده آن  $(G, B, R)$  نه تنها نماینده رنگ‌ها بلکه شاخص عنصر دیگری به نام روشنایی نیز می‌باشند. روشنایی می‌تواند در عکس‌های متفاوت از چهره یک فرد نیز متفاوت باشد که این مسئله ممکن است از تفاوت نور محیط ناشی شود. لذا روشنایی مولفه قابل اعتمادی در زمینه جداسازی نواحی پوستی و غیرپوستی نیست. برای حل این مشکل می‌توان از نمایش عکس در فضای کروماتیک استفاده کرد بدلیل آنکه در این فضا می‌توان روشنایی را از مولفه‌های رنگی متمایز نمود.

رنگ‌های کروماتیک به شکل گسترده‌ای برای بخش‌بندی تصاویر بکار برده می‌شوند که در روش پیشنهادی نیز به نحو مطلوبی به بخش‌بندی تصاویر به نواحی پوستی و غیرپوستی کمک می‌کند. تحقیقات نشان داده که توزیع رنگ پوست افراد

## ۶-۱- حفره

برای محاسبه تعداد حفره‌های یک ناحیه، از عدد اولر آن ناحیه مطابق رابطه (۳) استفاده شده است. در آن رابطه،  $E$  عدد اولر،  $C$  نشان‌دهنده بخش‌های به‌هم متصل و  $H$  نماینده تعداد حفره‌های نواحی متصل است. در روش پیشنهادی تعداد نواحی متصل با عدد یک مقداردهی می‌شود زیرا در هر مرحله با یک ناحیه سروکار داریم پس رابطه (۴) را خواهیم داشت. اگر سیستم تعداد حفره‌ها را بیشتر از یک تشخیص دهد، مرحله تطبیق الگو انجام می‌گیرد و درغیراین صورت ناحیه مورد نظر از ادامه فرآیند حذف می‌گردد.



شکل ۴- نمونه یک تصویر رنگی و تصویر پوست-احتمال



شکل ۵- تصویر بخش‌بندی شده انسانی و تصویر پوست-احتمال



شکل ۶- ناحیه پوستی مشخص شده و نواحی بخش‌بندی شده

$$E = C - H \quad (۳)$$

$$H = 1 - E \quad (۴)$$

## ۶-۲- مرکز جرم

برای مطالعه هر ناحیه در ابتدا باید مرکز آن ناحیه بدست آید که روش مناسب آن، محاسبه مرکز جرم ناحیه است. زیرا در تصاویر باینری مرکز جرم، همان مرکز

ناحیه پوستی و غیرپوستی در آن متمایز شده‌اند. هدف این مرحله یادگیری برای افزایش دقت آن در کاربرد ملیت‌های خاص و تصاویر پوستی همگون است.

$$\text{mean: } m = E(x) \quad x = (r, b)^T \quad T: \text{Transpose} \quad (۱)$$

$$\text{covariance: } C = E\{(x-m)(x-m)^T\}$$

$$P(r, b) = \exp\left[-0.5(x-m)^T C^{-1}(x-m)\right] \quad (۲)$$

where :  $x = (r, b)^T$

## ۵- بخش‌بندی پوستی

تصویر پوست-احتمال یک تصویر خاکستری است که در آن مقدار سطح خاکستری هر پیکسل، نمایانگر احتمال تعلق آن به ناحیه پوستی می‌باشد. یک نمونه تصویر رنگی و تصویر پوست-احتمال متناظر آن در شکل ۴ نشان داده شده است و در آن تصویر ناحیه پوستی روشن‌تر دیده می‌شود. از آنجا که نواحی کاندیدای پوست نسبت به نواحی دیگر روشن‌تر است لذا نواحی پوستی را می‌توان با آستانه‌گیری از تصویر پوست-احتمال جدا کرد.

برای پردازش تصاویر افراد مختلف با رنگ‌های پوستی متفاوت و از نژادهای متمایز، استفاده از یک آستانه ثابت، مناسب و مقدر نیست. برای دستیابی به یک مقدار آستانه بهینه در هر تصویر نیاز به آستانه‌گیری تطبیقی است. در آستانه‌گیری تطبیقی کاهش مرحله‌ای مقدار آستانه، مستقیماً باعث رشد تعداد نواحی کشف شده می‌گردد. هر چند این افزایش در تعداد نواحی به تدریج رو به کاهش می‌گذارد زیرا در درصد نواحی کشف شده به ۱۰۰٪ میل می‌کند. ولی این نواحی کشف شده در صورت کوچک بودن مقدار آستانه به سرعت رشد خواهند کرد به گونه‌ای که حتی نواحی غیرپوستی را نیز در بر خواهند گرفت. مقدار آستانه‌ای که در آن کمترین میزان رشد نواحی کشف شده را شاهد باشیم به‌عنوان مقدار آستانه بهینه تلقی می‌گردد.

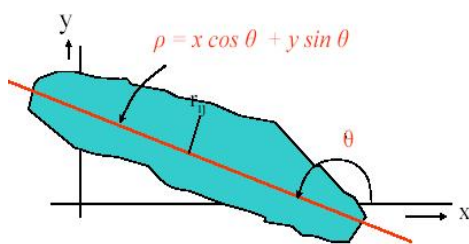
در شکل ۵ تصویر بخش‌بندی شده مشاهده می‌گردد. ملاحظه می‌شود همه نواحی کشف شده حاوی چهره انسانی نیستند. حتی برخی از نواحی کشف شده نواحی غیرپوستی هستند که به اشتباه در بین نواحی پوستی قرار گرفته‌اند. این امر به دلیل شباهت رنگ این نواحی به نواحی پوستی است. لذا در مراحل بعدی، جستجوگر سیستم از برخی ویژگی‌های چهره برای تعیین محل چهره در تمام مناطق هم‌رنگ پوست استفاده می‌کند.

## ۶- نواحی پوستی

یک ناحیه پوستی تصویر، ناحیه بسته‌ای است که دارای ۰ یا ۱ حفره باشد. مرز این ناحیه با پیکسل‌هایی با ارزش ۱ مشخص می‌شود. ضمن آنکه می‌توان یک ناحیه پوستی را به صورت بخش‌های به‌هم متصل در نظر گرفت. حفره‌ها در یک تصویر باینری، پیکسل‌هایی با مقدار صفر هستند. برای تعیین تعداد نواحی از روش برچسب‌گذاری (۸ همسایگی) استفاده شده است. برای هر پیکسل در صورتی که حداقل یک همسایگی آن دارای برچسب باشد آن پیکسل را به‌همان همسایگی نسبت داده شده و در غیراین صورت از یک برچسب جدید استفاده می‌شود. در پایان برچسب‌ها شمرده شده و تعداد نواحی تعیین می‌گردد. برای جداسازی هر بخش، از برچسب آن منطقه استفاده و بعد از یافتن آن بخش بقیه نواحی صفر می‌شود. سپس تعیین می‌گردد که آیا ناحیه کشف شده موردنظر نماینده یک چهره هست یا خیر (شکل ۶).

۲۶ تصویر مختلف تمام رخ زن و مرد بدون ریش ایجاد شده و بعنوان الگوی شناخت چهره از آن بهره‌برداری می‌گردد. البته اگر نمونه‌ها افزایش یابد می‌توان برای هر ملتی الگوی خاص چهره آن را یافت و دقت تشخیص بیشتر می‌شود. در این بخش چگونگی تطبیق تصاویر نواحی متناظر با ناحیه پوستی و تصویر الگو انجام می‌گیرد. برای بخش‌های متناظر با ناحیه پوستی در ابتدا حفره‌های موجود در تصویر پر شده سپس تصویر حاصل در تصویر اصلی ضرب می‌شود (شکل ۹).

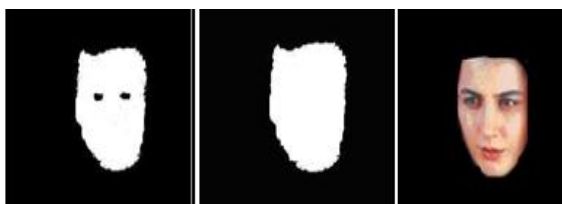
الگوی چهره باید کاملاً بر روی ناحیه مورد نظر قرار داده شود. برای این منظور باید آن را بر اساس طول و عرض محاسبه شده در قسمت‌های قبلی، تغییر اندازه داد. الگوی چهره باید به اندازه زاویه انحراف ناحیه چرخش پیدا کند و نواحی اضافی آن حذف شود (شکل ۱۰). سپس مرکز چهره الگوی، تغییر یافته محاسبه می‌شود و در نهایت تصویر سیاه و سفیدی که تصویر تغییر یافته الگو بر روی آن قرار داده شده به دست می‌آید. ضریب همبستگی دوبعدی  $r$  دو ماتریس تصویر  $A_{m \times n}$  و  $B_{m \times n}$  مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌گردد. با استفاده از نتایج تجربی حاصل از تصاویر مختلف، مقدار آستانه پایین برای این ضریب جهت تصمیم‌گیری نهایی جهت چهره بودن ناحیه ۰.۵۸ تعیین شد. در صورت پاسخ مثبت، سیستم با یک کادر ناحیه مورد نظر را مشخص می‌کند. نمونه تصویر خروجی با چهره‌های بسیار در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود.



شکل ۷- زاویه چرخش چهره در تصویر



شکل ۸- الگوی نهایی چهره انسان



(الف) تصویر اصلی (ب) ناحیه پوستی (ج) ضربدر تصویر اصلی

شکل ۹- مراحل تشخیص ناحیه پوستی

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right) \left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}} \quad (7)$$

ناحیه است. مرکز جرم  $(\bar{x}, \bar{y})$  این نواحی به شرح رابطه (۵) محاسبه می‌شود که در آن  $B$  یک ماتریس  $m \times n$  نشان‌دهنده ناحیه و  $A$  تعداد پیکسل‌های خاموش آن ناحیه است.

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m jB[i, j] \quad \bar{y} = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m iB[i, j] \quad (5)$$

### ۳-۶- تطبیق جهت

از آنجاکه برخی چهره‌های تصویر دارای زاویه انحراف می‌باشند، برای دستیابی به نتیجه بهتر باید تصویر الگو مطابق جهت چهره بچرخد لذا نیاز به محاسبه زاویه انحراف چهره است. برای این کار از گشتاور مرکزی مرتبه دوم استفاده شده و زاویه خط گذرنده از ناحیه را که دارای کمترین مجموع مربعات فاصله از نقاط ناحیه با محورها باشد، اندازه‌گیری می‌کند. به این ترتیب زاویه انحراف  $\theta$  (شکل ۷) به شرح رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

### ۴-۶- ابعاد ناحیه

برای تغییر اندازه تصویر الگو و تطابق با ابعاد تصویر مورد جستجو جهت تحمل عدم پوشش ناحیه گردن و نواحی زیر گردن در تصویر نیاز به محاسبه طول و عرض ناحیه است. برای این کار ابتدا حفره‌های ناحیه مورد نظر پر شده، سپس با استفاده از زاویه انحراف آن را به حالت کاملاً عمودی درآورده و با استفاده از حرکت چهار اشاره‌گر در چهار جهت (بالا، پایین، چپ و راست)، مرزهای ناحیه با برخورد به پیکسل‌های روشن، یافت شده و طول و عرض محاسبه می‌شود. برای بهبود عملیات تصمیم‌گیری از تقسیم ارتفاع به عرض ناحیه استفاده می‌شود  $\text{Ratio} = (\text{Height} / \text{Width})$ . این نسبت برای انسان‌ها، عددی در حدود ۱ است.

$$c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y'_{ij})^2 B[i, j]$$

$$\theta = 1/2 \arctan \frac{b}{a-c}$$

$$a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (x'_{ij})^2 B[i, j] \quad (6)$$

$$b = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x'_{ij} y'_{ij} B[i, j]$$

$$x' = x - \bar{x} \quad \text{و} \quad y' = y - \bar{y}$$

برای کم کردن تلفات به‌طور تجربی یک حد بالا و یک حد پایین برای این نسبت انتخاب شده است. نتایج تجربی نشان داد که مقدار بهینه حد پایین ۰.۶ و مقدار بهینه حد بالا در حدود ۱.۲ است. مواردی وجود دارد که ناحیه مورد نظر نماینده یک ناحیه چهره‌ای باشد اما این نسبت از ۱.۲ بالاتر است. این مسئله در مواقعی است که بخش‌هایی از گردن و زیر آن پوشیده نباشد. در این موارد به تجربه می‌توان نسبت را ۱.۲ فرض و نواحی خارج از این نسبت را از تصویر حذف نمود.

### ۷- مدل چهره

مهم‌ترین مرحله این روش مرحله تطبیق الگوی چهره با ناحیه کاندیدا جهت تصمیم‌گیری نهایی است. تصویر الگویی که در شکل ۸ ملاحظه می‌شود از میانگین

یادگیری جزئی برای کاربرد ملیت‌های خاص و تصاویر پوستی همگون است. نتایج آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها استاندارد و نمونه‌های ایرانی اخذ شده در این بخش بیان می‌گردد. در ابتدای آزمون پارامترهای مورد نیاز سیستم در تصاویر اندازه‌گیری شده و سپس نتایج تشخیص چهره اخذ گردیده است.



شکل ۱۰- الف) الگوی چرخش‌یافته (ب) حذف زوائد

## ۸-۱- تنظیمات آزمایش‌ها

ما برای آزمون از دو پایگاه داده‌ای تصاویر خانوادگی ایرانی حاوی ۶۰۰ تصویر رنگی چند چهره‌ای و دارای تصاویر خاص با ابعاد و جهت متفاوت چهره بهره برده‌ایم. برای ملیت‌های متفاوت از تصاویر استاندارد دارای ۴۰۰ تصویر رنگی با داشتن چند چهره همزمان در یک تصویر بهره‌برداری شده است. سیستم تشخیص چهره پیشنهادی با استفاده از MATLABR2014b بر روی ماشین 2.4 GHz Intel Core i4 و ساختار 4 GB RAM و داشتن حافظه 4 GB تحت Windows 7 پیاده‌سازی و آزمون شده است.

## ۸-۲- معیارهای ارزیابی

نتایج مورد استناد سیستم از ارزیابی معیارهای دقت<sup>۱</sup>، فراخوانی (بازیافت)<sup>۲</sup> و معیار امتیاز<sup>۳</sup> F- به دست آمده است که به شرح روابط (۸)، (۹) و (۱۰) هستند.

$$Precision = \frac{TP}{(TP + FP)} \quad (۸)$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP + FN)} \quad (۹)$$

$$F - score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{(Precision + Recall)} \quad (۱۰)$$

جایی که مثبت واقعی (چهره‌هایی که بازیابی می‌شوند)، منفی واقعی (چهره‌هایی که بازیابی نمی‌شوند) و مثبت کاذب (غیرچهره‌هایی که به عنوان چهره بازیابی می‌شوند) به ترتیب عبارتند از:

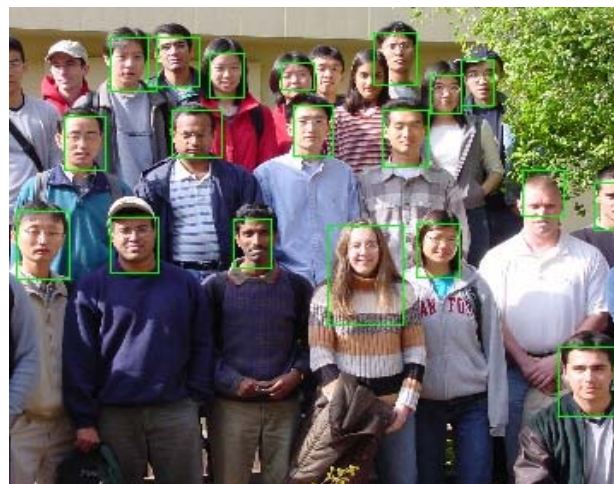
TP: True Positive

TN: True Negative

FP: False Positive

## ۸-۳- استخراج پارامترهای تصاویر

با استفاده از نتایج تجربی آزمایش‌ها، بهترین مقدار کمینه برای ضریب همبستگی ۰.۵۸ بدست آمد. ضمن آن‌که مقدار بهینه برای نسبت طول و عرض ناحیه چهره‌ای در محدوده ۰.۶ تا ۱.۲ در نظر گرفته شده است. نتایج جداول ۱ و ۲ حاصل از آزمایش بر روی ۲۰۰ تصویر شامل ۳۰۰ چهره است. با استفاده از این نتایج، بدیهی است که مقدار بهینه کمینه برای نسبت طول به عرض ناحیه ۰.۶ است زیرا بالاترین نرخ تشخیص درست و کمترین نرخ تشخیص نادرست در این مقدار رخ می‌دهد. با انجام آزمایش‌های مشابه مقدار بهینه ضریب همبستگی ۰.۵۸ یافت شد. با استفاده از نتایج و انجام آزمایش بر روی ۲۰۰ تصویر مختلف، درصد چهره‌های کشف شده ۸۹٪ بدست آمده که نشان دهنده دقت سیستم است که برای تصاویر دارای ریش تاحدودی دچار افت می‌شود. در مقابل در شرایط کنترل شده پس زمینه و وضعیت چهره، دقت رشد ۹۸٪ را نشان می‌دهد. سرعت سیستم



شکل ۱۱- نتیجه تشخیص با تصویر دارای ۲۲ چهره

جدول ۱- نمونه‌های آزمایشات بر روی تصاویر برای اخذ پارامترها

رتبه	اندازه نسبت طول به عرض ناحیه	اندازه ضریب همبستگی	درصد چهره کشف شده	تعداد تصاویر کشفی غیرچهره
۱	۰.۲	۰.۵۸	۸۰	۴
۲	۰.۴	۰.۵۸	۸۰	۳
۳	۰.۶	۰.۵۸	۸۰	۲
۴	۰.۸	۰.۵۸	۷۵	۲
۵	۱.۰	۰.۵۸	۸۰	۱

جدول ۲- نمونه‌های آزمایشات بر روی تصاویر برای اخذ پارامترها

رتبه	اندازه نسبت طول به عرض ناحیه	اندازه ضریب همبستگی	درصد چهره کشف شده	تعداد تصاویر کشفی غیرچهره
۱	۰.۲	۰.۵۸	۷۵	۵
۲	۰.۴	۰.۵۸	۷۵	۵
۳	۰.۶	۰.۵۸	۷۵	۳
۴	۰.۸	۰.۵۸	۶۸	۲
۵	۱.۰	۰.۵۸	۶۰	۱

## ۸- نتایج آزمایش‌های تجربی

با توجه به آن که سعی این مقاله در ارائه یک روش سبک و چالاک برای تشخیص چهره انسان است و توجه به ارائه روشی با دقت و صحت مناسب دارد لذا از مقایسه با نتایج دیگران خودداری شده است. روش‌های نوین بیشتر براساس روش‌های پیچیده و بسیار دقیق تشخیص هستند ولی روش ما می‌تواند به‌عنوان یک مرحله چالاک و کم وزن برای روش‌های دیگر استفاده شود که بیشتر تمرکز آن در مرحله

and Machine Intelligence (PAMI), vol. 24, no. 1, pp. 34-58, 2002.

[4] V. Bruce, and A. W. Young, "Understanding Face Recognition," Br. J. Psychol., no. 77, pp. 305-327, 1986.

[5] R. Chellappa, C. Wilson, and S. Sirohey, "Complex Background Using Color Information and SGLD Matrices," Proc. First Int'l Workshop Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 238-242, 1995.

[6] J. L. Crowley, and J. M. Bedrone, "Integration and Control of Reactive Visual Processes," Proc. Third European Conf. Computer Vision, no. 2, pp. 47-58, 1994.

[7] A. J. Calder, and et. al., "Configural Information in Facial Expression Perception," J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform., vol. 26, pp. 527-551, 2000.

[8] H. Wang, and S. F. Chang, "A Highly Efficient System for Automatic Face Region Detection in MPEG Video," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, no. 4, pp. 615-628, 1997.

[9] J. Cai, A. Goshtasby, and C. Yu, "Detecting Human Faces in Color Images," Image and Vision Computing, vol. 18, no. 1, pp. 63-75, 1999.

[10] A. J. Calder, and A. W. Young, "Understanding the Recognition of Facial Identity and Facial Expression," Nature Rev. Neurosci., vol. 6, no. 8, pp. 641-651, 2005.

[11] Y. Gong, and M. Sakauchi, "Detection of Regions Matching Specified Chromatic Features," Computer Vision and Image Understanding, vol. 61, no. 2, pp. 263-269, 1995.

[12] A. J. Colmenarez, and T. S. Huang, "Face Detection with Information-based Maximum Discrimination," Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 782-787, 1997.

[13] J. L. Crowley, and F. Berard, "Multi-modal Tracking of Faces for Video Communications," Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, Puerto Rico, pp. 640-645, June 1997.

[14] T. F. Cootes, and C. J. Taylor, "Locating Faces using Statistical Feature Detectors," Proc. Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 204-209, 1996.

[15] T. K. Leung, M. C. Burl, and P. Perona, "Finding Faces in Cluttered Scenes using Random Labeled Graph Matching," Proc. Fifth International Conference on Computer Vision, pp. 637-644, 1995.

[16] H. A. Rowley, S. Bluja, and T. Kanade, "Neural Network-based Face Detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 20, no. 1, pp. 23-38, 1998.

[17] K.-K. Sung, and T. Poggio, "Example-based Learning for View-based Human Face Detection," IEEE Trans. Pattern

and Machine Intelligence (PAMI), vol. 24, no. 1, pp. 34-58, 2002. در مقایسه با سیستم‌های مشابه که از الگوریتم‌های شبکه عصبی استفاده می‌کنند بیشتر است.

#### ۸-۴- نتایج تجربی سیستم

می‌توان دقت بالا با بازیافت بسیار پایین به‌دست آورد که افزایش یکی با کاهش دیگری همراه است. معیار F ترکیبی از معیار دقت و بازیافت است که قدرت کار با مجموعه‌های غیر متعادل را نشان می‌دهد که جامعیت و مانعیت را نشان می‌دهد. در جدول ۳ مشخص است که نتایج روش ارایه شده از نظر دقت و فراخوانی بسیار خوب است و معیار F در جدول نشان از جامعیت نسبتاً خوب روش ارایه شده است. آزمایش‌های مختلف ما نشان داد که هرچه تعداد تصاویر بالاتر رود تشخیص درست چهره کاهش می‌یابد. البته توانستیم این مساله را با الگوی چهره کنترل کنیم و اخذ نمونه‌های پوستی به کاهش آن بسیار کمک کرده است. بنا داریم که در آینده با ترکیب یادگیری محلی این حساسیت را بسیار کاهش دهیم.

جدول ۳- نتایج تشخیص چهره در تصاویر در شرایط مختلف

معیار	شرایط کنترل شده		شرایط کنترل نشده	
	چندچهره	تک چهره	چندچهره	تک چهره
Precision	۰.۹۸	۰.۹۸۶	۰.۹۷۵	۰.۹۷۸
Recall	۰.۵۶	۰.۵۷	۰.۵۶	۰.۵۶
F-Score	۰.۷۱۱	۰.۷۲	۰.۷۱۱	۰.۷۱۲

#### ۹- نتیجه‌گیری

روش پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان یک الگوریتم صنعتی سریع و دقیق تشخیص خودکار چهره انسان تحت شرایط کنترل شده مانند مراکز پزشکی قانونی و شرایط کنترل نشده به‌منظور تعیین هویت افراد به‌کار رود. به‌نحو موثری چهره‌های موجود در تصاویر رنگی را نشان می‌دهد و دارای دقت بالا است. در مواردی که تصویر در شرایطی نزدیک به شرایط عکس گذرنامه باشد دارای دقت ۹۸٪ است. در مواردی که پس زمینه تصویری دارای رنگ مشابه با نواحی پوششی باشد نیز موفق عمل می‌کند. در صورت استخراج الگوی چهره برای تصاویر نزدیک به هم (مانند یک ملیت خاص) درصد خطای سیستم کمتر می‌شود. برای کشف چهره‌های نیم‌رخ کافی است الگوی چهره‌ای برای چهره نیم رخ ایجاد و در مرحله تطبیق الگو از آن استفاده شود. برای آینده سعی بر آن داریم که با بکارگیری یادگیری محلی کمی از حساسیت روش پیشنهادی بکاهیم.

#### مراجع

[1] P. Sinha, and et. al., "Face Recognition by Humans: Nineteen Results All Computer Vision Researchers Should Know About," Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 11, pp. 1948-1962, 2006.

[2] K. Lander, and L. Chuang, "Why are Moving Faces Easier to Recognize," Visual Cognition, vol. 12, pp. 429-442, 2005.

[3] M. H. Yang, D. Keriegman, and N. Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey," IEEE Trans. Pattern Analysis

[30] A. Goswami, and A. Datar, "Frontal Enhanced Face Detection using Skin Pixels and ANN," *International Journal of Current Engineering and Technology*, vol. 6, no. 1, 2016.

**عیرضا زارعی** لیسانس خود را در رشته مهندسی کامپیوتر نرم افزار از دانشگاه پیام نور شیراز و فوق لیسانس خود را در رشته معماری کامپیوتر از دانشگاه شاهد اخذ نموده است. تحقیقات مورد علاقه نامبرده پردازش تصویر و بینایی ماشین است.



آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:

a.zarei1600@gmail.com

**امین اله مه آبادی** تحصیلات خود را در رشته مهندسی برق سخت افزار و معماری کامپیوتر به انجام رسانده و اکنون استادیار گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه شاهد است. تحقیقات مورد علاقه نامبرده پردازش تصویر، حمل و نقل هوشمند و شبیه سازی هوشمند است.



آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:

mahabadi@shahed.ac.ir

#### اطلاعات بررسی مقاله:

تاریخ ارسال: ۱۳۹۵/۰۵/۱۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۵/۰۵/۳۱

تاریخ قبول شدن: ۱۳۹۵/۰۶/۲۵

نویسنده مرتبط: دکتر امین اله مه آبادی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

*Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 1, pp. 39–51, 1998.

[18] Y. Dai, and Y. Nakano, "Face-texture Model based on SGLD and its Applications in Face Detection in a Color Scene," *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 6, pp. 1007–1017, 1996.

[19] L. Xu, and et. al., "Segmentation of Skin Cancer Images," *Image and Vision Computing*, vol. 17, no. 1, pp. 65-74, 1999.

[20] K. C. Yow, and R. Cipolla, "Finding Initial Estimation of Human face location," *Proceedings of the Second Asian Conference on Computer Vision*, Singapore, no. 3, pp. 514–518, 1995.

[21] K. C. Yow, and R. Cipolla, "A Probabilistic Framework for Perceptual Grouping of Features for Human Face Detection," *Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, Vermont, USA, 1996.

[22] K. C. Yow, and R. Cipolla, "Feature-based Human Face Detection," *Image and Vision Computing*, no. 15, pp. 713–735, 1997.

[23] Q. Chen, H. Wu, and M. Yachida, "Face Detection by Fuzzy Pattern Matching," *Proceedings of the Fifth International Conference on Computer Vision*, pp. 591–596, 1995.

[24] Y. Miyake, and et. al., "Facial Pattern Detection and Color Correction from Television Picture and Newspaper Printing," *Journal of Imaging Technology*, vol. 16, no. 5, pp. 165–169, 1990.

[25] K. Sobottka, and I. Pitas, "Segmentation and Tracking of Faces in Color Images," *Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 236–241, 1996.

[26] A. Verma, S. A. Raj, A. Midya, and J. Chakraborty, "Face Detection using Skin Color Modeling and Geometric Feature," *3rd International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, pp. 1-6, 2014.

[27] F. Alizadeh, S. Nalouisi, and C. Savari, "Face Detection in Color Images using Color Features of Skin," *World Academy of Science Engineering and Technology*, vol. 5, no. 4, pp. 366-372, 2011.

[28] K. N. Lu, and A. N. Venetsanopoulos, "Face Recognition using LDA-based Algorithms," *IEEE Neural Networks Transaction*, vol. 14, no. 1, pp. 195–200, 2013.

[29] T. Talele, S. Kadam, and A. Tikare, "Efficient Face Detection using Adaboost," *IJCA Proc. on International Conference in Computational Intelligence (ICCI'12)*, 10, 2010.

<sup>1</sup> Precision

<sup>2</sup> Recall

<sup>3</sup> F-Score