

بخش بندی پوست چهره با استفاده از آستانه گذاری آتسو بهینه سازی شده با الگوریتم

جستجوی هارمونی

عارفه گایینی رحیمی^۱، موسی شمسی^۲ و علی فهمی جعفرقلخانلو^۳

^۱دانشکده مهندسی پزشکی، گروه بیوالکتریک، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، تبریز، ایران، ar_rahimi94@sut.ac.ir

^۲دانشکده مهندسی پزشکی، گروه بیوالکتریک، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، تبریز، ایران، shamsi@sut.ac.ir

^۳دانشکده مهندسی پزشکی، گروه بیوالکتریک، دانشگاه صنعتی سهند تبریز، تبریز، ایران، a_fahmi@sut.ac.ir

چکیده - امروزه استفاده از تصاویر چهره‌ی انسان به دلیل کاربردهای متنوع آن در زمینه‌های مختلف، دارای اهمیت زیادی است. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان به تشخیص هویت و جراحی‌های ترمیمی سر و صورت اشاره کرد. به منظور آنالیز تصاویر چهره و استخراج ویژگی‌های مختلف، گام نخست، بخش‌بندی با دقت پوست چهره است. در میان روش‌های بخش‌بندی، روش‌های آستانه‌گذاری مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه‌یابی یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌ها به لحاظ سادگی و دقت بالا است. در روش پیشنهادی، ابتدا فضای رنگی تصویر از RGB به YCbCr تغییر یافته، سپس بخش‌بندی پوست چهره با استفاده از آستانه‌گذاری آتسو بهینه‌سازی شده با الگوریتم جستجوی هارمونی، صورت گرفته و در آخر با استفاده از عمل‌گرهای ریخت‌شناسی ریاضی عمل پس-پردازش انجام گرفته است. در نهایت عملکرد روش پیشنهادی، با چهار معیار ارزیابی و با نتایج چهار معیار حاصله از دو بخش‌بندی پوست چهره که مبتنی بر الگوریتم‌های FCM و SOM هستند، مقایسه گردیده است. نتایج، عملکرد بهتر روش پیشنهادی را در مقایسه با دو الگوریتم FCM و SOM نشان می‌دهند.

کلید واژه- آستانه‌گذاری آتسو، الگوریتم جستجوی هارمونی، بخش‌بندی پوست چهره، تصاویر رنگی چهره.

حساسیت و نگرانی جراح و بیمار نسبت به نتایج جراحی چهره، قابل درک است. از این رو اندازه‌گیری صحیح متریک‌های چهره به وسیله‌ی روش‌های مختلف تصویربرداری و فناوری کامپیوتر در قبل و بعد از انجام جراحی چهره و پیش‌بینی تغییرات چهره بعد از انجام جراحی چهره، موضوعات مهمی در جراحی چهره هستند [۶]. به منظور آنالیز تصاویر چهره و استخراج ویژگی‌های مختلف، گام نخست، بخش‌بندی با دقت پوست چهره است. از این رو، روش‌های بخش‌بندی متنوعی مطرح گردیده است. از جمله‌ی این روش‌ها می‌توان به بخش‌بندی مبتنی بر الگوریتم خوشه‌بندی فازی (FCM^۱) و نقشه‌ی خودسازمان-ده (SOM^۲) اشاره کرد [۷ و ۸]. در میان روش‌های بخش‌بندی، روش‌های آستانه‌گذاری، یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌ها به لحاظ

۱- مقدمه

امروزه استفاده از تصاویر چهره‌ی انسان به دلیل کاربردهای متنوع آن در زمینه‌های مختلف، دارای اهمیت زیادی است. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان به چهره‌نگاری پلیسی، تشخیص هویت و جراحی‌های ترمیمی سر و صورت اشاره کرد [۱ و ۲]. از گذشته تا به امروز، چهره‌ی انسان نقش بسیار حیاتی در ظاهر، خودباوری و کیفیت زندگی فرد ایفا می‌کند. نقص‌ها و ناهنجاری‌های بسیار جزئی در چهره‌ی انسان، سبب تغییر شکل صورت فرد می‌شود که به دنبال آن، روان و کیفیت زندگی وی نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. از این رو، اهمیت و کاربرد جراحی چهره روز به روز در حال گسترش است [۳-۵].

^۱ Fuzzy C-means

^۲ Self Organization Map

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112 \\ 112 & -93.783 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (1)$$

۱-۲- آستانه‌گذاری آتسو

در آستانه‌گذاری آتسو، با یافتن آستانه‌ی بهینه‌ی تک‌مقداری th و تقسیم تصویر به دو کلاس مجزا بر اساس آستانه‌ی بهینه‌ی یافت شده، روند بخش‌بندی تصویر آغاز می‌گردد. در این آستانه‌گذاری، L بیانگر تعداد سطوح شدت روشنایی تصویر یا هر مولفه در فضای رنگی RGB ، C بیانگر مولفه‌ی مربوط به مقیاس خاکستری یا RGB تصویر، i بیانگر سطح شدت روشنایی موردبررسی، h_i^c بیانگر تعداد پیکسل‌های موردنظر در سطح شدت روشنایی i در C مربوطه و N بیانگر تعداد کل پیکسل‌های تصویر می‌باشد که توزیع احتمال مقادیر شدت روشنایی، طبق روابط زیر محاسبه می‌شود [۱۵]:

$$p_i^c = \frac{h_i^c}{N} \quad 0 \leq i \leq L-1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^N p_i^c = 1 \quad (3)$$

$$C = \begin{cases} 1,2,3 & , \text{ تصویر } RGB \\ 1 & , \text{ تصویر مقیاس خاکستری} \end{cases} \quad (4)$$

آستانه‌گذاری تک‌مقداری آتسو تصویر را به دو کلاس C_0 و C_1 تقسیم‌بندی می‌کند که با داشتن آستانه‌ی th ، محدوده‌ی سطوح شدت روشنایی در کلاس C_0 از ۰ تا $th-1$ و محدوده‌ی سطوح شدت روشنایی در کلاس C_1 از th تا $L-1$ تغییر می‌یابد [۱۶]:

$$C_0 = \frac{p_0^c}{w_0^c(th)}, \dots, \frac{p_{th-1}^c}{w_0^c(th)}, C_1 = \frac{p_{th}^c}{w_1^c(th)}, \dots, \frac{p_{L-1}^c}{w_1^c(th)} \quad (5)$$

$$w_0^c(th) = \sum_{i=0}^{th-1} p_i^c, \quad w_1^c(th) = \sum_{i=th}^{L-1} p_i^c \quad (6)$$

مقدار میانگین برای دو کلاس به صورت زیر تعریف می‌گردد [۱۶]:

$$\mu_0^c(th) = \sum_{i=0}^{th-1} \frac{i p_i^c}{w_0^c(th)}, \quad \mu_1^c(th) = \sum_{i=th}^{L-1} \frac{i p_i^c}{w_1^c(th)} \quad (7)$$

مقدار میانگین برای تصویر موردنظر به صورت زیر بیان می‌شود [۱۵]:

$$\mu_T^c = w_0^c \mu_0^c + w_1^c \mu_1^c, \quad w_1^c + w_0^c = 1 \quad (8)$$

مقدار واریانس برای دو کلاس به صورت زیر است [۱۶]:

$$\sigma_0^c = w_0^c (\mu_0^c + \mu_T^c)^2, \quad \sigma_1^c = w_1^c (\mu_1^c + \mu_T^c)^2 \quad (9)$$

و در آخر، هدف در آستانه‌گذاری آتسو پیدا کردن مقدار بهینه‌ی th در راستای بیشینه کردن فرمول زیر است [۱۶]:

سادگی و دقت بالا است [۹]. روش‌های آستانه‌گذاری به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. در دسته‌ی اول، آستانه‌ی بهینه بر اساس آنالیز هیستوگرام تصویر یافت می‌شود و در دسته‌ی دوم، پیدا کردن آستانه‌ی بهینه با استفاده از تابع هدف صورت می‌گیرد. به طور کلی، روش آستانه‌گذاری آتسو، یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌ها در آستانه‌گذاری است که بر اساس بهینه کردن تابع هدف عمل می‌کند [۱۰ و ۱۱].

الگوریتم جستجوی هارمونی^۲ برای نخستین بار، توسط گیم در سال ۲۰۰۱ به عنوان یک الگوریتم جدید و خلاقانه معرفی شد. هم-چنین موسیقی، منبع الهام مفهوم الگوریتم فراابتکاری جستجوی هارمونی است [۱۲].

تصاویر به کار گرفته شده در این مقاله، تصاویر رنگی چهره‌ی انسان می‌باشند. هم‌چنین تصاویر چهره دارای رنگ‌های متفاوتی هستند. لذا برای علامت‌گذاری پیکسل پوستی، فضا‌های رنگی بسیاری نظیر $RGB, HSV, IHLS, YCbCr$ وجود دارند. از این رو، انتخاب فضای رنگی مناسب به منظور مدل‌سازی پوست چهره با توجه به روش پیشنهادی اهمیت بسیاری دارد [۱۳].

در این مقاله در بخش ۲، ابتدا فضای رنگی به کار گرفته شده معرفی می‌شود. سپس به تشریح آستانه‌گذاری آتسو، الگوریتم جستجوی هارمونی و روش پیشنهادی به منظور بخش‌بندی پوست چهره پرداخته می‌شود. در آخر، عملگرهای مورفولوژیکی^۳ به منظور عمل پس-پردازش معرفی می‌گردند. در بخش ۳ به توصیف پایگاه داده‌ی انتخابی، در بخش ۴ به تفسیر نتایج حاصل از آزمایش بخش‌بندی پوست چهره با استفاده از روش پیشنهادی و در بخش ۵ به بیان نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- روش پیشنهادی

تصاویر چهره‌ی انسان، حاوی رنگ‌های متفاوتی هستند. هم‌چنین فضا‌های رنگی بسیاری به منظور علامت‌گذاری پیکسل پوستی نظیر $RGB, HSV, IHLS, YCbCr$ وجود دارند. لذا انتخاب فضای رنگی مناسب به منظور مدل‌سازی پوست چهره، اهمیت به‌سزایی دارد. از این رو، ما در این مقاله با استفاده از فرمول زیر، فضای رنگی RGB را به $YCbCr$ تبدیل کرده، سپس از مولفه‌ی Cr به عنوان مدلی مناسب به منظور مدل‌سازی رنگ پوست چهره بهره می‌بریم [۱۴].

^۳ Morphological operators

^۱ Otsu

^۲ Harmony Search Algorithm

$$x'_i = \begin{cases} x_i \in x_1^1, x_1^2, \dots, x_1^{HMS} & \text{احتمال } HMCR \\ x_i \in X_i & \text{احتمال } 1 - HMCR \end{cases} \quad (12) \quad J(th) = \text{MAX}(\sigma_0^e(th) + \sigma_1^e(th)), 0 \leq th \leq L - 1 \quad (10)$$

۲-۲- الگوریتم جستجوی هارمونی

احتمال HMCR نشان دهنده‌ی میزان احتمال انتخاب مقدار یک متغیر در بردار هارمونی جدید از مقادیر موجود در حافظه‌ی هارمونی برای آن متغیر است. HMCR - ۱ نیز نشان دهنده‌ی احتمال انتخاب تصادفی مقدار یک متغیر، از مجموعه‌ی مقادیر ممکن برای آن متغیر، که محدود به حافظه‌ی هارمونی نمی‌باشد، است. در ادامه هر یک از اعضای بردار هارمونی جدید به منظور استفاده از نرخ تنظیم گام مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ادامه، از پارامتر نرخ تنظیم گام که بیانگر احتمال تنظیم گام است، به صورت زیر استفاده می‌شود [۱۸]:

$$\text{Pitch adjusting decision for } x'_i = \begin{cases} \text{yes} & \text{با احتمال } PAR \\ \text{No} & \text{با احتمال } 1 - PAR \end{cases} \quad (13)$$

تنظیم گام تنها برای اعضای از بردار هارمونی جدید که از حافظه‌ی هارمونی انتخاب شده‌اند، صورت می‌گیرد. PAR - ۱ نشان دهنده‌ی احتمال عدم اعمال تنظیم نرخ گام بر روی متغیر مورد نظر است. اگر تنظیم نرخ گام برای متغیر x'_i انجام گیرد و فرض شود مقدار x'_i برابر $x_i(k)$ که بیانگر k امین عضو مجموعه‌ی X_i است، مقدار این متغیر، پس از تنظیم گام، طبق روابط زیر محاسبه می‌شود [۱۸]:

$$x'_i \leftarrow x'_i \cdot \alpha, \quad \alpha = BW \cdot u(-1,1) \quad (14)$$

مرحله‌ی چهارم: به‌روزرسانی حافظه‌ی هارمونی

در صورتی که مقدار تابع هدف حاصل از بردار هارمونی جدید، از مقدار تابع هدف بدترین حل موجود در حافظه، بهتر بود، فرآیند جایگزینی بردار هارمونی جدید با بدترین حل موجود در حافظه‌ی هارمونی صورت می‌گیرد. سپس مرتب‌سازی حافظه‌ی هارمونی بر اساس تابع هدف صورت می‌گیرد [۱۸].

مرحله‌ی پنجم: تکرار مراحل سوم و چهارم

مراحل سوم و چهارم تا زمان برآورده شدن شرط توقف اجرای الگوریتم تکرار می‌شود.

۲-۳- آستانه‌گذاری تک‌مقداری آتسو بهینه‌سازی شده با

الگوریتم جستجوی هارمونی یک الگوریتم فراابتکاری بهینه‌یابی است که از فرآیند نواختن هم‌زمان ارکستر موسیقی، الهام گرفته شده است. به بیان دیگر، تشابهی میان پیدا کردن یک راه‌حل جدید و فرآیند اجرای موسیقی وجود دارد [۱۷و۱۵].
در این الگوریتم هر راه‌حل، یک بردار هارمونی نامیده می‌شود و با یک بردار N بعدی مطابق زیر نمایش داده می‌شود.

$\text{Harmony Vector} = (x_1, x_2, \dots, x_N)$
الگوریتم جستجوی هارمونی شامل پارامترهای اندازه‌ی حافظه‌ی هارمونی^۱ (HMS)، نرخ انتخاب از حافظه‌ی هارمونی^۲ (HMCR)، نرخ تنظیم گام^۳ (PAR)، فاصله‌ی پهنای باند^۴ (BW) و شرط توقف اجرای الگوریتم^۵ (NI) است.

روند اجرای این الگوریتم دارای پنج مرحله است که به تشریح آن می‌پردازیم:

مرحله‌ی اول: تعیین مقدار اولیه‌ی پارامترهای الگوریتم.

در این مرحله، تمامی پارامترهای ثابت الگوریتم تعیین می‌گردند. مقارده‌ی پارامترها در این مقاله، به شرح زیر است.
BW=0.5, PAR=0.5, HMCR=0.75, HM=100, NI=2000

مرحله‌ی دوم: تشکیل حافظه‌ی هارمونی (HM)

در این مرحله، تشکیل ماتریس حافظه‌ی هارمونی با انتخاب تصادفی متغیرها در هر بردار هارمونی صورت می‌گیرد. پس از تشکیل اولیه‌ی حافظه‌ی هارمونی، بردارهای هارمونی بر اساس مقدار تابع هدف مرتب می‌شوند [۱۸].

$$\begin{bmatrix} f(x_1) \\ \vdots \\ f(x_N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^N \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_1^{HMS} & x_2^{HMS} & \dots & x_N^{HMS} \end{bmatrix} \quad (11)$$

مرحله‌ی سوم: تشکیل یک بردار هارمونی جدید

یک بردار هارمونی جدید مانند $x' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_N)$ بر اساس انتخاب از حافظه‌ی هارمونی، نرخ تنظیم گام و یا انتخاب تصادفی تشکیل می‌شود. برای مثال مقدار متغیر اول در بردار پاسخ جدید x'_1 ، می‌تواند از مقادیر موجود برای این متغیر در حافظه‌ی هارمونی $\{x_1^1, x_1^2, \dots, x_1^{HMS}\}$ انتخاب شود. این انتخاب را می‌توان به صورت رابطه‌ی زیر بیان نمود [۱۸]:

^۱ Band width

^۵ Number of Improvisation

^۱ Harmony Memory Size

^۲ Harmony Memory Consideration Rate

^۳ Pitch Adjustment Rate

الگوریتم جستجوی هارمونی

در این مقاله با استفاده از عملگر فرسایش، پیکسل‌هایی که به اشتباه در ناحیه‌ی پس‌زمینه به‌عنوان پیکسل پوستی، توسط آستانه‌گذاری تک‌مقداری آتسو بهینه‌سازی شده با الگوریتم جستجوی هارمونی شناخته شده‌اند، حذف می‌گردند. همچنین به‌منظور حذف پیکسل‌هایی که به نادرستی در ناحیه‌ی چهره به‌عنوان پیکسل پس‌زمینه توسط الگوریتم مذکور شناخته‌اند، از عملگر حذف استفاده می‌شود.

به‌منظور بهینه‌سازی آستانه‌گذاری آتسو، از الگوریتم جستجوی هارمونی که پیشتر به‌تشریح آن پرداخته‌ایم، استفاده شده است. به‌طوری که تابع هدف در الگوریتم جستجوی هارمونی رابطه‌ی (۱۰) است. پس از اجرای الگوریتم تصویر اصلی مجدداً براساس مقدار آستانه‌گذاری بدست‌آمده بهینه از اجرای الگوریتم، بخش‌بندی می‌شود.

۲-۴- عمل‌گرهای ریخت‌شناسی ریاضی و پرمودن حفره - توصیف پایگاه داده

های تصویر

به‌منظور آزمایش روش پیشنهادی، از تصاویر پایگاه داده‌ی دانشگاه صنعتی سهند تبریز استفاده شده است. این تصاویر، توسط سامانه‌ی تصویربرداری استریو گرفته شده است. همچنین تصاویر گرفته شده دارای ویژگی تعامد هستند. سامانه‌ی مذکور، دارای ثابت نگه‌دارنده‌ی سر است که دقت تصویربرداری را افزایش داده و سبب قرار گرفتن سر در مناسب‌ترین وضعیت خود می‌شود [۲۰].

عمل‌گرهای ریخت‌شناسی ریاضی، دسته‌ای از عمل‌گرها هستند که به‌صورت گسترده در استخراج اجزایی از تصویر، مورد استفاده قرار می‌گیرند. مبنای ریخت‌شناسی ریاضی، بر نظریه‌ی مجموعه‌ها استوار است. در ادامه به‌تشریح عمل‌گر مورد استفاده در این مقاله و پر کردن حفره‌های تصویر می‌پردازیم.

سامانه‌ی تصویربرداری متعامد دارای مزایای مهمی مانند کالیبراسون دقیق، استحکام و دوام فیزیکی و مکانیکی، عدم ایجاد لرزش و یا اشکال در زمان تصویربرداری با استفاده از ثابت نگه‌دارنده‌ی سر است [۲۰].

عملگر فرسایش^۱: برای دو مجموعه‌ی باینری A و B در فضای Z^2 ، فرسایش A به‌وسیله‌ی B ، که با عبارت $A \ominus B$ نشان داده می‌شود، با رابطه‌ی ۱۵ قابل محاسبه خواهد بود. مجموعه‌ی B را عنصر ساختاری می‌نامند. همچنین A ، مجموعه پیکسل‌های پیش‌زمینه و x مقادیر پیش‌زمینه یعنی یک است [۱۹].

$$A \ominus B = \{x \mid B_x \subseteq A\} \quad (15)$$

تصاویر گرفته شده توسط سامانه‌ی تصویربرداری متعامد، به‌عنوان ورودی برای روش پیشنهادی هستند. در این مقاله، با انتخاب تصادفی ۲۰ تصویر نمای جانبی و روبه‌رو چهره از میان ۱۶۰ تصویر نمای جانبی و روبه‌رو چهره که در پایگاه داده‌ی مذکور وجود دارند، تغییر مقیاس به 600×600 صورت گرفته شده است. همچنین این تصاویر فاقد شرایط روشنایی پیچیده هستند.

پر کردن حفره یکی از الگوریتم‌های پایه‌ی ریخت‌شناسی ریاضی است. روش آن بدین صورت است که از عملگر گسترش استفاده کرده و می‌توان نقطه‌ای درون ناحیه را تا حدودی رشد داد که کل ناحیه را بپوشاند.

بدین منظور ابتدا نقطه‌ای درون ناحیه‌ی مذکور (X_0) انتخاب می‌شود. سپس با تکرار رابطه‌ی ۱۶، همگرایی X_K یعنی $X_K = X_{K-1}$ تحقق می‌یابد. ناحیه‌ی پر شده همان $X_K \cup A$ خواهد بود. A شی موردنظر در تصویر I است. I^c و A^c متمم‌های A و I هستند [۱۹].

$$X_K = (X_{K-1} \oplus B) \cap A^c \quad (16)$$

۴- ارزیابی و تفسیر نتایج

برای بررسی و ارزیابی الگوریتم پیشنهادی به‌منظور بخش‌بندی پوست چهره، روشهای زیر ارائه می‌شوند.
خطای پوست (SE^p) و خطای غیرپوست (NSE^p): SE تعداد پیکسل‌های پوستی که به‌عنوان غیرپوست تشخیص داده شده‌اند،

^۱ Erosion

^۲ Skin Error

^۳ Non-Skin Error

الگوریتم FCM، SOM و روش پیشنهادی است.

جدول ۲: مقایسه‌ی کارایی FCM، SOM و روش پیشنهادی در بخش‌بندی پوست چهره از نمای جانبی چهره.

	M _E		S		NSE		SE	
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
۱	۰/۱۶۹	۰/۱۵۶	۰/۰۵۴	۰/۹۶۷	۰/۱۷۱	۰/۱۴۳	۰/۰۵۴	۰/۰۲۴
۲	۰/۰۶۳	۰/۱۴۵	۰/۰۱۸	۰/۹۵۵	۰/۰۹۶	۰/۰۷۷	۰/۰۱۸	۰/۰۴۵
۳	۰/۱۴۵	۰/۱۱۱	۰/۰۲۸	۰/۹۱۸	۰/۰۵۱	۰/۰۳۸	۰/۰۲۸	۰/۰۸۲

داده‌های موجود در جدول ۱ نشان می‌دهند که عملکرد الگوریتم FCM بر مبنای میانگین معیار SE با توجه به کمتر بودن مقدار این معیار، بهتر از دو الگوریتم دیگر است. همچنین عملکرد روش پیشنهادی بر مبنای میانگین معیار NSE و میانگین M_E با توجه به کمتر بودن مقدار این معیارها، بهتر از عملکرد دو الگوریتم دیگر است و عملکرد الگوریتم FCM بر مبنای میانگین معیار S با توجه به بیشتر بودن مقدار این معیار، بهتر از دو الگوریتم دیگر است. به بیان دیگر، الگوریتم FCM دقت بالایی در تشخیص پیکسل‌های پوست دارد.

داده‌های موجود در جدول ۲ نشان می‌دهند که عملکرد الگوریتم FCM بر مبنای میانگین معیار SE بهتر از دو الگوریتم دیگر است. همچنین عملکرد روش پیشنهادی بر مبنای میانگین معیار NSE و میانگین M_E بهتر از عملکرد دو الگوریتم دیگر و عملکرد الگوریتم FCM بر مبنای میانگین معیار S بهتر از دو الگوریتم دیگر است.

۵- نتیجه‌گیری

امروزه نیاز جراحان به سیستم‌های اندازه‌گیری اتوماتیک اجزای چهره در قبل و بعد از انجام جراحی چهره، روبه افزایش است. اولین و مهم‌ترین قدم در چنین سیستمی استخراج پوست چهره می‌باشد. در این مقاله سعی بر آن شد که استخراج پوست چهره با دقت بیشتری انجام گیرد. در همین راستا آستانه‌گذاری تک‌مقداری آتسو بهینه-سازی شده با الگوریتم جستجوی هارمونی، معرفی گردید. همچنین آنالیز کارایی و نتایج، گواهی آن دارد که عملکرد روش پیشنهادی در مجموع بهتر از دو الگوریتم دیگر است.

تقسیم بر تعداد پیکسل‌های پوست که به صورت دستی بخش‌بندی شده‌اند. NSE تعداد پیکسل‌های غیرپوستی که به صورت پوست تشخیص داده شده‌اند تقسیم بر تعداد پیکسل‌های پوستی که به صورت دستی بخش‌بندی شده‌اند [۲۱].

خطای S: این خطا، نسبت تعداد پیکسل‌های پوستی را که به درستی تشخیص داده شده‌اند، می‌باشد و طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود [۲۱]:

$$S = 1 - SE \quad (۱۷)$$

خطای دسته‌بندی (M_E)^۱: این خطا میزان درصد تعداد پیکسل‌های پس‌زمینه که به اشتباه ناحیه‌ی موردنظر تشخیص داده شده‌اند و بالعکس درصد پیکسل‌های ناحیه‌ی موردنظر که به اشتباه پیکسل‌های پس‌زمینه تشخیص داده شده‌اند، است. بخش‌بندی دو کلاس خطا به صورت رابطه‌ی ۱۸ می‌باشد که در آن B₀ و F₀ به ترتیب تعداد پیکسل‌های پس‌زمینه و ناحیه‌ی موردنظر تصویر اصلی هستند و B_T و F_T که به ترتیب تعداد پیکسل‌های پس‌زمینه و ناحیه‌ی موردنظر تصویر حاصل از روش پیشنهادی هستند. علامت ∩ نیز به معنی تعداد پیکسل‌های مشترک دو ناحیه می‌باشد. M_E از صفر تا یک تغییر می‌کند که صفر برای بهترین ناحیه‌بندی و یک برای اشتباه‌ترین ناحیه‌بندی است [۲۲]:

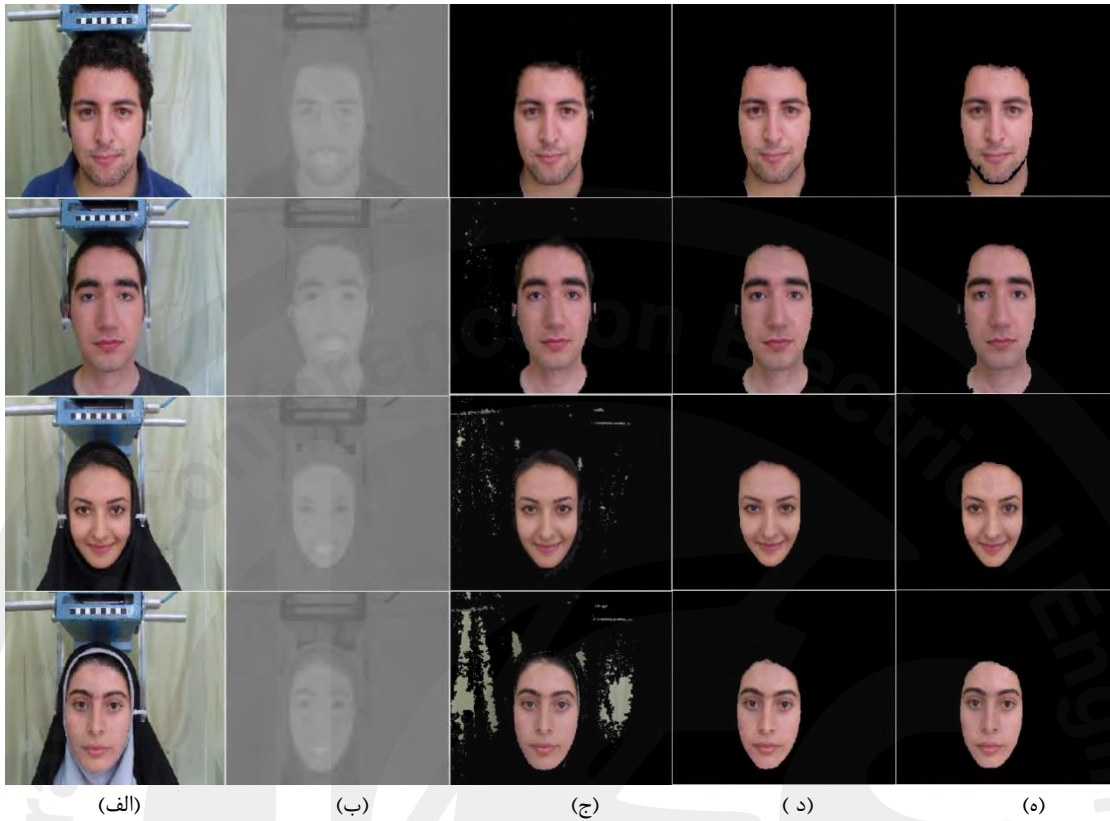
$$M_E = 1 - \frac{|B_0 \cap B_T| + |F_0 \cap F_T|}{|B_0| + |F_0|} \quad (۱۸)$$

جدول ۱: مقایسه‌ی کارایی FCM، SOM و روش پیشنهادی در بخش‌بندی پوست چهره از نمای روبه‌رو چهره.

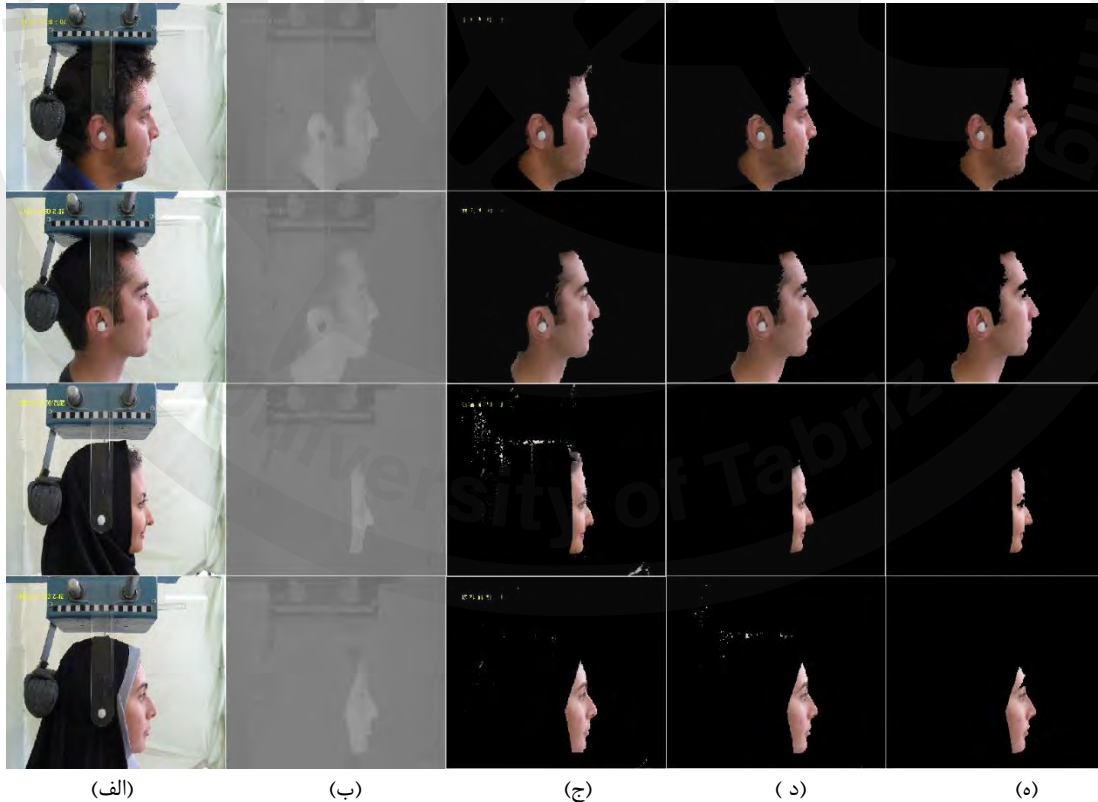
	M _E		S		NSE		SE	
	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
۱	۰/۲۶۰	۰/۲۷۵	۰/۱۰۸	۰/۹۴۶	۰/۲۷۰	۰/۲۴۱	۰/۱۰۸	۰/۰۳۶
۲	۰/۰۷۶	۰/۰۷۱	۰/۰۴۰	۰/۹۵۹	۰/۰۷۹	۰/۰۳۷	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱
۳	۰/۰۲۶	۰/۰۵۴	۰/۰۲۴	۰/۹۴۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۹	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳

با استفاده از روش‌های پیشتر بیان شده، به بررسی کارایی روش پیشنهادی، FCM و SOM از هر دو نمای روبه‌رو و جانبی چهره در جداول ۱ و ۲ می‌پردازیم. ارزیابی‌ها به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شده‌اند. ردیف ۱ نتایج الگوریتم FCM، ردیف ۲ نتایج الگوریتم SOM و ردیف ۳ نتایج الگوریتم پیشنهادی در جداول مذکور است. شکل ۱ و ۲ به ترتیب نمایی از آشکارسازی پوست چهره توسط

^۱ Misclassification Error



شکل ۱: بخش‌بندی و استخراج پوست چهره از نمای روبه‌روی چهره (الف): تصویر اصلی، (ب): تصویر پس از اعمال فضای YCbCr و استخراج مولفه‌ی Cr، (ج): با FCM، (د): با SOM، (ه): با روش پیشنهادی.



شکل ۲: بخش‌بندی و استخراج پوست چهره از نمای جانبی چهره (الف): تصویر اصلی، (ب): تصویر پس از اعمال فضای YCbCr و استخراج مولفه‌ی Cr، (ج): با FCM، (د): با SOM، (ه): با روش پیشنهادی.

- [21] M. Shamsi, R.A. Zoroo, C. Lucas, M.H. Sadeghi and M.R. Asharif, "Automatic facial skin segmentation based on EM algorithm under varying illumination". IEICE T Inf Syst; E91-D, pp:1543-1551, 2008.
- [22] M.A. Bakhshali, M. Shamsi, " Facial Skin Segmentation Using Bacterial Foraging Optimization Algorithm ", Journal of Medical Signals and Sensors;2:pp:203-210, 2012.

مراجع

- [۱] فاطمه عباسی و زهرا راشکی، "مروری بر تکنیک‌های تشخیص چهره با استفاده از پردازش تصویر"، کنفرانس بین‌المللی نوآوری و تحقیق در علوم مهندسی، گرجستان، تیرماه ۱۳۹۷.
- [2] P. Olivieri ,F. Uribe, " Aesthetic Facial Surgery and Orthodontics Common Goals ". Oral Maxillofacial Surg Clin N Am 32 ,p. 153–165, 2020.
- [3] S.C. Matz, R.J.P. Figueiredo, "A Nonlinear Image Contrast Sharpening Approach Based On Munsell's Scale". IEEE Trans. Image Process, 15(4): p. 900-909, 2006.
- [4] M. Naraghi, M. Atari, " A comparison of depression scores between aesthetic and functional rhinoplasty patients". Asian Journal of Psychiatry 14 ,p. 28–30, 2015.
- [۵] مینا باغبان بوساری، سید ولی‌الله موسوی، شادمان نعمتی و سجاد رضایی، وضعیت سلامت روان قبل و بعد از عمل جراحی زیبایی بینی، "مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی گرگان، دوره ۱۸، شماره ۲، صفحات ۸۴ تا ۹۰، تابستان ۱۳۹۵.
- [6] R. Adelson, "Computer Simulated Imaging in Rhinoplasty," Advanced Aesthetic Rhinoplasty, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [7] M. A. Bakhshali, M. Shamsi, Jung, A. Golzarfar, " Application of SOM network to study facial skin segmentaion after facial surgery". IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications, 2012.
- [8] S. Keke, Z. Peng, L. Guohui, Jung, A. Golzarfar, " Study on skin color image segmentaion used by Fuzzy-c-means arithmetic". Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discivery, 2010.
- [9] Sezgin M, Sankur B. " Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation". J Electron Imaging, pp.13:146-65, 2004.
- [10] Pikaz A, Averbuch A. " Digital image thresholding based on topological stable state ". Pattern Recognit ,pp.29-43, 1996.
- [11] Kapur JN, Sahoo PK, Wong AK. "A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram ". Comput Vis Graph Image Process,pp. 29-85, 1985.
- [12] Geem, Z.W., Kim J.H. and Loganathan G.V. "A new heuristic optimization algorithm: harmony search". Simulations, 76, 60–68, 2001.
- [13] Yang MH, Kriegman DJ, Ahuja N. "Detecting faces in images: A survey". IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell ,24,pp:34-58, 2002.
- [۱۴] حمید حسن‌پور، سکینه اسدی امیری، " مفاهیم جامع پردازش تصویر دیجیتال به‌همراه پیاده‌سازی الگوریتم‌ها"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۹۴.
- [15] S. Suresh, Dr. Anitha J, " MULTILEVEL THRESHOLDING FOR COLOR IMAGE SEGMENTATION USING OPTIMIZATION ALGORITHM ", International Journal of Scientific & Engineering Research ,Volume 8, Issue 7, July-2017.
- [16] N. Raja, V .Rajinikanth, K. Latha, " Otsu Based Optimal Multilevel Image Threshold Image Thresholding Using Firefly Algorithm ", Modelling and Simulation in Engineering, Volum 2014.
- [17] X. Z. Gao, V. Govindasamy, H. Xu, X. Wang, and K. Zengerl, " Harmony Search Method: Theory and Applications ", Computational Intelligence and Neuroscience Volume 2015.
- [۱۸] محسن شهروزی، امید بهار و محمد ساجینی، "انتخاب و مقیاس کردن بهینه شتاب‌نگاشت‌ها با الگوریتم بهینه‌یابی جستجوی هارمونی"، ششمین کنگره مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۰.
- [19] M. Woods, R.G.a, , " Digital image processing ", Ed.3th: prentice Hall, 2008.
- [20] M. A. Bakhshali, M. Shamsi and M. Sadeghi, "Evalution of soft tissue parameters for Northwestern students in Iran". Journal of Craniomaxillofacial Reserch, Vol. 1 No. 3, Summer 2014.