

ارائه الگوریتمی خودکار جهت اندازه گیری پارامترهای صورت و آنالیز کمی جراحی بینی

محمد رضا الشریف	محمد صادقی	کارولوکس	رضا آقائی زاده ظروفی	موسی شمسی
دانشکده مهندسی، دانشگاه	حسن آبادی	قطب کنترل و پردازش	قطب کنترل و پردازش	قطب کنترل و پردازش
ریوکیوز	دانشگاه علوم پزشکی تهران	هوشمند	هوشمند	هوشمند
اوکیناوا، ژاپن	مجتمع بیمارستانی امام	دانشکده مهندسی برق و	دانشکده مهندسی برق و	دانشکده مهندسی برق و
asharif@ie.u-	خمینی، بیمارستان ولیعصر	کامپیوتر، دانشگاه تهران	کامپیوتر، دانشگاه تهران	کامپیوتر، دانشگاه تهران
ryukyu.ac.jp	sadeghih@sina.tums.ac.ir	lucas@ipm.il	zoroofi@ut.ac.ir	m_shamsi@ece.ut.ac.i

حفره‌های بینی، یا تغییر زاویه بین بینی و لب بالایی عمل کند. علاوه بر این، ممکن است به تصحیح آسیب‌ها و نارسایی‌های تنفسی کمک کند [2]. جراحان بایستی قبل از عمل جراحی بینی، به بیماران اطلاع‌رسانی کافی درباره هزینه‌ها و مزایا و معایب عمل جراحی داشته باشند. در کنار انتظارات بیماران، جراح نیاز به ارزیابی ساختار بینی و صورت جهت برنامه‌ریزی مناسب برای عمل جراحی دارد. ارائه الگوریتم‌های خودکار براساس ویژگی‌های صورت جهت آنالیز کمی تصاویر صورت ممکن است جراحان را در ارزیابی موفقیت جراحی بینی به روش عینی و قابل تکرار کمک کند.

در این مقاله، سعی بر این است براساس ویژگی‌های خطی و مکانی که در کارهای تحقیقاتی مختلف از قبیل [3] و [4] به آنها اشاره شده است، الگوریتمی خودکار جهت آنالیز کمی عمل جراحی بینی ارائه گردد. اکثر روش‌های پردازش تصویر برای برنامه‌ریزی جراحی فرض می‌کند پوست صورت قبلاً آشکارسازی و نقاط کلیدی آن به صورت دستی تعیین شده‌اند. بنابراین توسعه روش‌های خودکار و موثر جهت آشکارسازی پوست صورت و استخراج نقاط کلیدی آن از گام‌های اساسی در روش‌های برنامه‌ریزی عمل جراحی رینوپلاستی مبتنی بر کامپیوتر می‌باشد.

روش‌های متعددی جهت آشکارسازی پوست رنگی صورت ارائه شده است. بررسی کامل جدیدترین روش‌های آشکارسازی پوست صورت با استفاده از اطلاعات رنگ در مقاله [5] آورده شده است. انتخاب فضای رنگی مناسب می‌تواند اولین گام در بخش‌بندی تصاویر صورت محسوب شود. فضای رنگی RGB اکثراً به‌عنوان فضای رنگی پیش‌فرض مطرح است و فضاهای رنگی دیگر با اعمال تبدیلات خطی یا غیرخطی بر روی این فضای رنگی بدست می‌آید. فرض بر این است تبدیل فضای رنگی با کاهش تداخل بین کلاس بافتی پوست صورت با دیگر کلاس‌ها، به الگوریتم بخش‌بندی کمک می‌کند. تطبیق مدل رنگی پوست صورت

چکیده: رینوپلاستی (Rhinoplasty) یا جراحی بینی جهت تغییر شکل آن، یکی از معمولترین جراحی پلاستیک بخصوص در ایران می‌باشد. رینوپلاستی در بهبود شکل ظاهری و خودباوری بیمار تاثیر داشته و می‌تواند در بهبود نارسایی‌های تنفسی نقش مهمی ایفا کند. در این مقاله الگوریتمی خودکار جهت آنالیز کمی جراحی بینی براساس تصاویر قدامی و جانبی، قبل و بعد از عمل جراحی، ارائه می‌گردد. جهت بخش‌بندی پوست رنگی صورت، الگوریتم EM (Expectation_Maximization) خودکاری مطرح می‌شود که با استفاده از اطلاعات فضای رنگی YCbCr و شرایط نورپردازی متغیر ضمن تصحیح اثر نورپردازی متغیر، قادر به بخش‌بندی پوست رنگی صورت از روی تصاویر قدامی و جانبی می‌باشد. این الگوریتم از دقت و انعطاف بیشتری در بخش‌بندی پوست رنگی صورت برخوردار است. علاوه بر این، الگوریتمی خودکار جهت استخراج بعضی از نقاط کلیدی صورت ارائه می‌گردد که در آنالیز کمی جراحی بینی به آن نیاز داریم. نهایتاً با اندازه گیری بعضی از پارامترهای بینی به ارزیابی نتایج عمل جراحی بینی می‌پردازیم. عمل جراحی بینی در حضور ۱۰۰ تصویر کلینیکی قدامی و جانبی که قبل و بعد از عمل جراحی گرفته شده‌اند بطور کمی بررسی می‌گردد. در این راستا، آنالیز آماری پارامترهای بینی از قبیل زاویه نازولیبیال (Nasolabial angle) و پروجکشن (Projection) بینی مطرح می‌باشد.

واژه های کلیدی: رینوپلاستی، آشکارسازی پوست صورت، الگوریتم EM، پارامترهای بینی، آنالیز جراحی.

۱- مقدمه

رینوپلاستی یا عمل جراحی جهت تغییر شکل بینی، یکی از معمولترین اعمال جراحی صورت است. این عمل جراحی می‌تواند در جهت کاهش یا افزایش اندازه بینی، تغییر شکل نوک بینی، باریک‌سازی

بینی در حضور داده‌های کلینیکی را شامل است. نهایتاً، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها را در بخش ۴ خواهیم داشت.

۲- الگوریتم ارائه شده جهت آنالیز کمی عمل رینوپلاستی

در این مقاله، هدف آنالیز کمی عمل جراحی بینی با محاسبه خودکار بعضی از پارامترهای صورت براساس تصاویر رنگی متعادل از بیماران، قبل و بعد از عمل جراحی بینی، می‌باشد. برای تحقق این هدف، گام‌های پردازشی زیرین را خواهیم داشت: آماده‌سازی داده، تصحیح اثر روشنایی متغیر تصویر، آشکارسازی خودکار پوست رنگی صورت، استخراج نقاط کلیدی صورت، اندازه‌گیری پارامترهای صورت و آنالیز کمی عمل جراحی بینی.

آنالیز اطلاعات صورت نیاز به الگوریتم آشکارسازی مقاوم و موثر صورت دارد. هدف از آشکارسازی صورت، تشخیص همه نواحی پوست صورت بوده، بدون اینکه الگوریتم ارائه شده حساسیتی به موقعیت، جهت و شرایط نورپردازی مختلف داشته باشد. از آنجایی که صورت تغییرات قابل ملاحظه‌ای از لحاظ اندازه، شکل، رنگ، و بافت دارد تحقق این هدف با مشکلاتی همراه است. روش‌های مختلفی برای آشکارسازی پوست رنگی از تصاویر صورت مطرح بوده است [5]. اما برای آنالیز عمل جراحی صورت، نیاز به روشی عملی و مطمئن برای آشکارسازی پوست رنگی داریم که مرز دقیق پوست صورت را از نواحی غیر صورت تفکیک کند. در این راستا از روش ارائه شده در مقاله [۱] برای آشکارسازی پوست رنگی صورت بهره می‌گیریم. در مقاله [۱]، ضمن مدل‌سازی اثر روشنایی متغیر به صورت یک عامل ضرب‌شونده و با تغییرات ملایم، روشی جدید براساس الگوریتم EM برای آشکارسازی پوست رنگی صورت، ارائه کرده‌ایم. در این روش سعی بر این است با تصحیح اثر روشنایی متغیر تصویر، بخش‌بندی پوست رنگی صورت انجام گیرد. الگوریتم EM ارائه شده برای آشکارسازی پوست رنگی صورت، به صورت زیر می‌باشد:

$$w_{ij} = \frac{R(U_i | j, VIE_i) R(j)}{\sum_j R(U_i | j, VIE_i) R(j)} \quad (1)$$

$$VIE = H \bar{R} \quad (2)$$

که در آن داریم:

$$\bar{R}_i = \sum_{j \text{ is Gaussian}} w_{ij} \Sigma_j^{-1} (y_i - m_j) \quad (3)$$

معادله (۱) احتمال پسین کلاس بافتی را با معلوم بودن اثر روشنایی متغیر تصویر، VIE به دست می‌دهد. در این حالت تابع چگالی

نسبت به تغییرات نورپردازی محیط از عوامل کلیدی مطرح در موفقیت الگوریتم بخش‌بندی است. توزیع پوست رنگی صورت، ممکن است تحت شرایط نورپردازی مختلف تغییرات عمده‌ای داشته باشد. روش‌های متعددی جهت آشکارسازی پوست رنگی صورت در شرایط نورپردازی متغیر ارائه شده است [6-8]. به عنوان مثال، در [8] با ارائه یک مدل آشکارسازی پوست $Bi_Gaussian$ ، روشی جهت اصلاح قابلیت الگوریتم‌های آشکارسازی پوست صورت تحت نورپردازی ضعیف ارائه شده است. عملکرد الگوریتم با محاسبه اختلاف بین صحنه واقعی و یک مدل مرجع با شرایط نرمال ارزیابی می‌گردد. تغییرات نورپردازی تصویر جبران شده و تصویر اصلاح شده به مدل گوسین جهت آشکارسازی بهتر پوست صورت پس‌خوراند می‌شود.

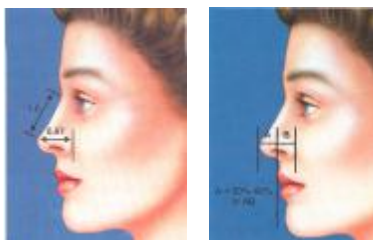
از طرفی، روش‌های متعددی جهت استخراج نقاط کلیدی صورت در کارهای تحقیقاتی مطرح بوده است. اکثر این روش‌ها در الگوریتم‌های تشخیص چهره کاربرد دارند [9-13]. روش‌های استخراج نقاط کلیدی صورت را می‌توان به سه دسته عمده طبقه‌بندی کرد: (۱) روش‌های عمومی براساس آشکارسازی لبه‌ها، خطوط و منحنی‌ها؛ (۲) روش‌های مبتنی بر الگو جهت آشکارسازی ویژگی‌های صورت از قبیل چشم‌ها؛ (۳) روش‌های انطباق ساختاری که قیود هندسی بر روی ویژگی‌ها را مد نظر قرار می‌دهد. برای آشکارسازی ویژگی‌ها با قابلیت اعتماد بالا، اخیراً روش‌های انطباق ساختاری از قبیل مدل‌های شکل‌پذیر فعال بیشتر مطرح بوده است. در مقایسه با روش‌های اولیه، این روش‌ها در قبال تغییرات روشنایی و شکل ویژگی‌های تصویر مقاوم‌تر هستند [13].

در این مقاله، جهت آشکارسازی خودکار پوست صورت، روشی جدید براساس GMM (Gaussian Mixture Model) ارائه می‌شود. در این روش مدلی ضرب‌شونده و با تغییرات کند برای روشنایی متغیر تصویر در نظر می‌گیریم. این قید برای تصاویر جراحی بینی معتبر بوده و براین اساس، روشی برای جبران اثر نورپردازی متغیر و بخش‌بندی تصاویر قدامی و جانبی ارائه می‌گردد. در این الگوریتم، کلاسی با توزیع یکنواخت به مجموعه کلاس‌های گوسین اضافه می‌کنیم. این کلاس بافتی، پیکسل‌هایی را شامل می‌شود که از کلاس‌های بافتی گوسین فاصله دارند. شرایط اولیه پارامترهای GMM با استفاده از خوشه‌بندی k -means و تخمین گر EM تعیین می‌شوند. سپس با استفاده از یک روش خودکار، اقدام به استخراج تعدادی نقاط کلیدی نموده که در اندازه‌گیری پارامترهای بینی از روی تصاویر قدامی و جانبی کاربرد دارند. نقاط کلیدی صورت با نظر جراح و براساس اهمیت‌شان در جراحی بینی انتخاب می‌شوند. روش ارائه شده برای استخراج نقاط کلیدی صورت با استفاده از اطلاعات مکمل تصاویر قدامی و جانبی صورت می‌گیرد.

در ادامه، روش ارائه شده جهت آنالیز کمی عمل رینوپلاستی را در بخش ۲ توصیف می‌کنیم. بخش ۳ نتایج تجربی و آنالیز کمی جراحی

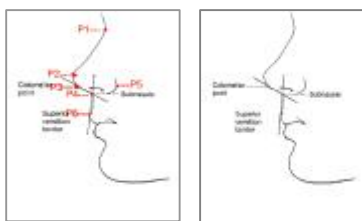
کلیدی صورت از نمای جانبی تعیین کرد. برای این کار، نقطه ای از مرز خارجی نمای جانبی را انتخاب می کنیم که کمترین فاصله را از حاشیه کناری تصویر دارد.

- جهت تعیین نقطه کلیدی P6، اول همه نقاط گوشه مرز خارجی نمای جانبی را تعیین کرده، سپس با استفاده از موقعیت لب بالایی از نمای قدامی که براساس نقشه دهان به دست می آید این نقطه کلیدی را تعیین می کنیم.
- جهت تعیین نقطه کلیدی P4، دو تا نقطه P2 و P6 را به هم وصل کرده و دورترین پیکسل مرز خارجی مابین این دو نقطه را انتخاب می کنیم.
- جهت تعیین نقطه کلیدی P5، با استفاده از عملگر همبستگی متوسط 3×3 ، پیکسلی را در ناحیه بین دو تا نقطه کلیدی P2 و P4 جستجو می کنیم که کمترین مقدار همبستگی را دارد [9].
- جهت تعیین نقطه کلیدی P3، دو تا نقطه P2 و P4 را به هم وصل کرده و دورترین پیکسل مرز خارجی بین این دو نقطه را انتخاب می کنیم.



ب

الف



ت

پ

شکل (۱): پارامترهای بینی: الف) پروجکشن بینی (روش Good's).
ب) پروجکشن بینی (روش Byrd's). پ) زاویه نازولیبیال. ت) نقاط کلیدی

- جهت تعیین نقطه کلیدی P1، با استفاده از اطلاعات مکانی چشمها در نمای قدامی، پیکسلی را بر روی مرز خارجی نمای جانبی و در نزدیکی ابروها انتخاب کرده و نقطه P2 را به آن وصل می کنیم. سپس نقطه P1، به عنوان دورترین پیکسل مرز خارجی بین این دو نقطه انتخاب می شود.

$$P(Y_i | j, VIE_i)$$

می تواند توزیع نرمال یا یکنواخت باشد. معادله (۲)، مقدار جدید VIE را تخمین می زند. در این حالت، تخمین مقدار جدید فقط براساس کلاس های نرمال انجام می گیرد. ضمن اینکه عملگر H با یک فیلتر پایین گذر تقریب زده می شود. تعیین شرایط اولیه پارامترهای آگوریتم EM توسط خوشه بندی k-means و تخمین گر EM ارائه شده در [۱] می باشد. برای جزئیات بیشتر می توان به مقاله [۱] رجوع کرد.

گام بعدی در آگوریتم ارائه شده برای آنالیز کمی عمل جراحی بینی، استخراج خودکار تعدادی از نقاط کلیدی صورت است. این نقاط کلیدی از تصاویر جانبی جهت کمی سازی دو پارامتر کلینیکی صورت می باشد؛ پروجکشن بینی و زاویه نازولیبیال. این پارامترها برای ارزیابی کیفیت عمل رینوپلاستی با مقایسه حالت های قبل و بعد از عمل جراحی استفاده می شوند.

- در این مقاله پروجکشن بینی با دو روش اندازه گیری می شود؛ روش Bird's [14] و روش Good's [15]. شکل (الف) نسبت روش Good's و شکل (ب) نسبت روش Byrd's را نشان می دهد. براساس کارهای تحقیقاتی، مقدار نرمال برای نسبت Good's بازه $0.15-0.16$ و برای روش Byrd's تقریباً 0.167 می باشد.

- زاویه نازولیبیال به صورت زاویه بین ستونک بینی و لب بالایی تعریف می شود. این زاویه در شکل (پ) نشان داده شده است.

شکل (ت) شامل شش نقطه کلیدی صورت جهت اندازه گیری پارامترهای فوق می باشد. لازم به ذکر است که پارامترهای فوق برای ارزیابی عمل جراحی، با صلاح دید متخصص مربوطه انتخاب شده اند. آگوریتم ارائه شده برای استخراج نقاط کلیدی فوق به صورت زیر است:

- بخش بندی دقیق پوست رنگی صورت از تصاویر قدامی و جانبی و استخراج مرز خارجی پوست صورت از نمای جانبی.
- مکان یابی چشمها و دهان با استفاده از نقشه ویژگی ها در فضای رنگی YCbCr از نمای قدامی، طبق روش ارائه شده در [9] و [۱]. لازم به ذکر است که فقط نواحی پوست صورت تصویر برای مکان یابی اجزاء استفاده می شود.

- تصاویر موجود در بانک داده دارای زمینه پیچیده ای نیست. آگوریتم بخش بندی ارائه شده در قسمت قبلی از دقت بالایی در تعیین مرز خارجی پوست صورت از نمای جانبی برخوردار است. با این حال لبه های تصویر را با استفاده از عملگرهای معمول استخراج لبه از نمای جانبی نیز به دست آورده و از ترکیب اطلاعات نتیجه آگوریتم بخش بندی و اطلاعات لبه به مرز دقیق تری از پوست صورت دست می یابیم.

- به راحتی می توان موقعیت نوک بینی، P2، را به عنوان یک نقطه

۳- نتایج عملی

در آنالیز تصاویر صورت، استخراج ویژگی‌های صورت از نمای قدامی بیشتر مطرح است. با این حال در جراحی بینی، تصاویر قدامی و جانبی هر دو دارای ارزش کلینیکی است. همان‌گونه که در قسمت قبلی بحث شد روش ارائه شده برای استخراج نقاط کلیدی صورت، از ترکیب اطلاعات نماهای قدامی و جانبی در کمی‌سازی جراحی بینی استفاده می‌کند. در این راستا، توانستیم به‌طور خودکار شش نقطه کلیدی صورت را استخراج کنیم.

برای آنالیز کمی عمل جراحی بینی، به‌طور تصادفی ۱۰۰ فرد از بانک داده بخش ENT بیمارستان امام تهران که عمل جراحی بینی داشته‌اند را انتخاب کرده‌ایم. تصاویر قدامی و جانبی این افراد قبل و بعد از عمل رینوپلاستی در دسترس هستند. اکثر این افراد کاشت کلوملا استرات (Collumelar strut) جهت کنترل نوک بینی داشته‌اند [16]. این روش در جراحی بینی جهت کنترل نوک بینی بسیار متداول است.

جدول ۱: کارایی الگوریتم آشکارسازی پوست صورت از نمای قدامی

\overline{M}_S	\overline{M}_E	\overline{S}	\overline{NSE}	\overline{SE}	
۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۸۵	۰/۰۹	۰/۰۸	الگوریتم EM معمولی
۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۹۵	۰/۰۳	۰/۰۲	الگوریتم ارائه شده

با استفاده از روش ارائه شده در این مقاله، به‌طور خودکار نتایج جراحی را براساس داده مورد نظر ارزیابی می‌کنیم. نتایج کیفی الگوریتم آشکارسازی پوست صورت و استخراج نقاط کلیدی آن در مقاله [۱] آورده شده است. در این مقاله فقط به ارزیابی کمی نتایج اکتفا می‌شود. جهت آنالیز کمی نتایج الگوریتم آشکارسازی پوست صورت، ۳۰ تصویر قدامی و جانبی را به‌طور تصادفی از داده مورد نظر انتخاب کرده و نواحی صورت این تصاویر را به‌صورت دستی بخش‌بندی کرده‌ایم. سه تا معیار اندازه گیری مختلف برای ارزیابی کمی نتایج تعریف می‌شود [8]. معیار اندازه گیری SE (خطای پوست) به‌صورت نسبت تعداد پیکسل‌های صورت که اشتباه غیرپوست برچسب خورده‌اند به تعداد کل پیکسل‌های تصویر تعریف می‌شود. معیار NSE (خطای غیرپوست) تعداد پیکسل‌های غیرپوست که اشتباه به کلاس بافتی پوست برچسب خورده‌اند را نشان می‌دهد. معیار S برابر نسبت پیکسل‌های درست برچسب خورده صورت است. براساس تعاریف فوق دو تا معیار اندازه گیری دیگر به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

جدول ۲: کارایی الگوریتم آشکارسازی پوست صورت از نمای جانبی

\overline{M}_S	\overline{M}_E	\overline{S}	\overline{NSE}	\overline{SE}	
۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۸۳	۰/۰۸	۰/۰۷	الگوریتم EM معمولی
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۹۷	۰/۰۲	۰/۰۱	الگوریتم ارائه شده

برای آنالیز کمی عمل رینوپلاستی، پارامترهای پروجکشن بینی و زاویه نازولیبیال با استفاده از الگوریتم ارائه شده در قسمت قبلی اندازه‌گیری می‌شوند. جداول (۳) و (۴) مقادیر اندازه‌گیری شده را براساس تصاویر ۱۰۰ بیمار نشان می‌دهد. طبق جدول (۳)، تغییرات در پارامترهای بینی، نشان می‌دهد عمل جراحی بینی در تصحیح پارامترهای بینی موفق بوده است. به‌عنوان مثال، میانگین و انحراف معیار زاویه نازولیبیال با اندازه‌گیری دستی به‌ترتیب برابر $95/98 (\pm 9/58)$ و $111/02 (\pm 10/07)$ قبل و بعد از عمل جراحی بوده است. الگوریتم ارائه شده به‌طور خودکار این پارامتر را برابر $94/12 (\pm 8/86)$ و $109/65 (\pm 9/70)$ قبل و بعد از عمل جراحی محاسبه کرده است. مقادیر تخمینی برای پروجکشن بینی و همچنین بازه نرمال پارامترها نیز در جدول (۳) آورده شده است. جدول (۴) نیز تعداد افرادی را قبل و بعد از عمل جراحی نشان می‌دهد که پارامترهای محاسبه شده برای آنها در بازه نرمال قرار دارند.

$$M_E = (SE^2 + NSE^2)^{1/2} \quad (4)$$

$$M_S = (SE^2 + NSE^2 + (1-S)^2)^{1/2} \quad (5)$$

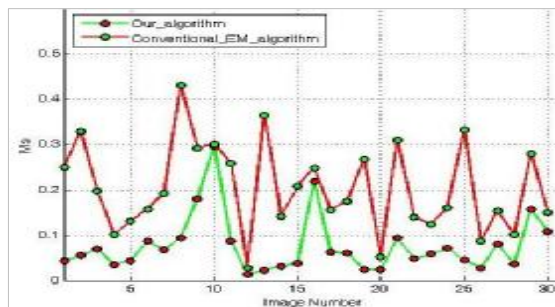
که در آن M_E ترکیبی از دو خطای فوق بوده و M_S نتیجه کل آشکارسازی پوست صورت را ارزیابی می‌کند. لذا پنج معیار ارزیابی جهت بررسی کارایی الگوریتم آشکارسازی پوست صورت از روی تصاویر قدامی و جانبی داریم.

جداول (۱) و (۲) کارایی الگوریتم ارائه شده برای آشکارسازی پوست صورت را در قبال الگوریتم معمولی EM نشان می‌دهد. خطاهای \overline{SE} و \overline{NSE} الگوریتم ارائه شده پایین‌تر از الگوریتم معمولی EM بوده ضمن اینکه الگوریتم ارائه شده دارای معیار S بالایی نسبت به الگوریتم معمولی است. کارایی بهتر الگوریتم، ناشی از مدل ارائه شده برای تصحیح اثر روشنایی متغیر می‌باشد. شکل‌های (۲) و (۳) معیار M_S را به‌صورت مقایسه‌ای برای دو روش نشان می‌دهد. در این شکل‌ها نیز کارایی بهتر الگوریتم ارائه شده به‌وضوح قابل تشخیص است.

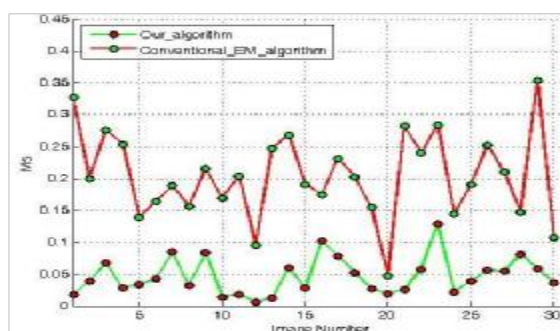
صورت را با استفاده از مدل‌سازی سه‌بعدی صورت و براساس تصاویر کالیبره انجام دهیم.

۵- مراجع

- [1] شمسی موسی، ظروفی رضا، کارو لوکس، صادقی حسن آبادی محمد، "استخراج اتوماتیک نقاط کلیدی صورت از روی تصاویر رنگی متعامد"، چهارمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، بهمن ۱۳۸۵.
- [2] Lee T.Y., Lin C.H., Lin H.Y., "Computer aided prototype system for nose surgery", IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine, Vol. 5, pp. 271-278, 2001.
- [3] Ozkul T., Ozkul M.H., "Computer simulation tool for rhinoplasty planning", Computers in Biology and Medicine, Vol. 34, pp. 697-718, 2004.
- [4] Ozkul T., Ozkul M.H., "A study towards fuzzy logic-based assessment of nasal harmony of rhinoplasty patients", Journal of the Franklin Institute, Vol. 343, pp. 329-339, 2005.
- [5] Kakumanu P., Makrogiannis S., Bourbakis N., "A survey of skin-color modeling and detection methods", Pattern Recognition, Vol. 40, pp. 1106-1122, 2006.
- [6] McKenna S., Raja Y., Gong S., "Tracking color objects using adaptive mixture models", Image and Vision Computing, Vol. 17, pp. 223-229, 1998.
- [7] Huynh-Thu Q., Meguro M., Kaneko M., "Skin-color extraction in images with complex background and varying illumination", Proc. Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision 2002.
- [8] Zheng J.H., Hao C.Y., Fan Y., Zang X.Y., "Adaptive skin detection under unconstrained lighting conditions using a bigaussian model and illumination estimation", Image Anal Stereo, Vol. pp. 21-33, 2005.
- [9] Ansari N., Abdel-Mottaleb M., "Automatic facial feature extraction and 3D face modeling using two orthogonal views with application to 3D face recognition", The Journal of Pattern Recognition, pp. 1-15, 2005.
- [10] Hsu R.L., Abdel-Mottaleb M., Jain A.K., "Face detection in color images", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intelligence, Vol. 24, pp. 696-706, 2002.
- [11] Wu H., Yokoyama T., Pramadihanto D., Yachida M., "Face and facial feature extraction from color images", Proc. Second Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 345-350, 1996.
- [12] Yang M.H., Kriegman D., Ahuja N., "Detecting faces in images: a survey", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intelligence, Vol. 24, pp. 34-58, 2002.
- [13] Zhao W., Chellappa R., Philips P.J., Rosenfeld A., "Face recognition: a literature survey", ACM Computing Surveys, Vol. 35, pp. 399-458, 2003.
- [14] Leong S.C.L., White P.S., "A comparison of aesthetic proportions between the healthy Caucasian nose and the aesthetic ideal", Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery, Vol. 59, pp. 248-252, 2005.
- [15] Becker D.G., "The ideal nose", <http://www.revisionrhinoplasty.com/ideal.html>, 2002.



شکل (۲): کارایی الگوریتم آشکارسازی پوست صورت براساس معیار M_S بر روی تصاویر قدامی



شکل (۳): کارایی الگوریتم آشکارسازی پوست صورت براساس معیار M_S بر روی تصاویر جانبی

۴- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

در این مقاله الگوریتمی خودکار برای اندازه‌گیری پارامترهای بینی بیماران و آنالیز عمل رینوپلاستی براساس دو تصویر متعامد صورت، قبل و بعد از عمل جراحی، ارائه گردید. گام‌های اصلی پردازش شامل جمع‌آوری داده، آشکارسازی پوست صورت، استخراج مرز خارجی از نمای جانبی، استخراج نقاط کلیدی، اندازه‌گیری‌ها و آنالیز عمل رینوپلاستی است. جهت استخراج پوست رنگی صورت، روشی جدید براساس الگوریتم EM ارائه گردید که ضمن تصحیح اثر روشنایی متغیر، بخش‌بندی پوست رنگی صورت را انجام می‌دهد. نشان داده شد این روش در استخراج پوست صورت موثر است. جهت آنالیز عمل رینوپلاستی، فقط دو پارامتر زاویه نازولیبیال و پروجکشن بینی را استفاده کردیم. در این حالت، نیاز به محاسبه شش نقطه کلیدی صورت بود که برای این کار الگوریتمی خودکار برای استخراج نقاط کلیدی صورت ارائه دادیم. این الگوریتم همچنین تعدادی از نقاط کلیدی نمای قدامی صورت را استخراج کرده و از اطلاعات آن جهت آشکارسازی دقیق نقاط کلیدی نمای جانبی صورت استفاده می‌کند.

قصد داریم اندازه‌گیری سه بعدی پارامترها و ارزیابی عمل جراحی

[16] Cordes S., "Refinement of the nasal tip", Grand Rounds Presentation, UTMB, Department of Otolaryngology, <http://www.utmb.edu/otoref/Grnds/Nasal-Tip-200002/Nasal-Tip-200002.htm>, 2000.

اندازه سال	بعد از عمل		قبل از عمل		بعد از عمل		قبل از عمل		تعداد بیماران: ۱۰۰
	انحراف معیار	درصد	انحراف معیار	درصد	انحراف معیار	درصد	انحراف معیار	درصد	
۹-۱۴	۱۰۰۰۶	۱۱۱٫۴	۹۱۵۸	۹۵٫۹۸	۹۱۷۰	۱۰۶٫۶۵	۸۰۸۶	۹۴٫۱۲	زاویه کاندلیجول
۱۵-۲۰	۱۰۰۷۶	۱۰۵٫۶	۱۰۰۵۲۳	۱۰۵٫۶	۱۰۰۶۶	۱۰۵٫۳۸	۱۰۰۴۹	۱۰۵٫۸۴	پروجکشن بینی (Good's)
۲۱-۲۶	۱۰۰۴۳	۱۰۶٫۶	۱۰۰۴۱	۱۰۶٫۶	۱۰۰۴۷	۱۰۶٫۳۹	۱۰۰۴۴	۱۰۶٫۲۱	پروجکشن بینی (Byrd's)

جدول (۳): مقادیر اندازه‌گیری شده برای پارامترهای بینی، قبل و بعد از عمل جراحی

جدول (۴): تعداد بیمارانی که پارامترهای بینی نرمال دارند

تعداد بیماران: ۱۰۰	قبل از عمل (روش ارائه شده)	بعد از عمل (روش ارائه شده)	قبل از عمل (روش دستی)	بعد از عمل (روش دستی)
زاویه نازولیبیال	۶۵٪	۷۶٪	۷۲٪	۷۸٪
پروجکشن بینی (روش Good's)	۵۶٪	۵۷٪	۴۴٪	۵۷٪
پروجکشن بینی (روش Byrd's)	۸۱٪	۷۴٪	۸۴٪	۷۴٪