

# آنالیز آنتروپومتری چهره به منظور کاربرد در جراحی چهره با استفاده از توزیع گوسین مکانی

علی فهمی جعفرقلخانلو<sup>۱</sup>، موسی شمسی<sup>۲\*</sup> و هوشنگ روحی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مهندسی پزشکی، گروه بیوالکتریک، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

<sup>۲</sup>دانشکده علوم، گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

## چکیده

آنالیز تصاویر چهره انسان بهدلیل کاربردهای فراوان آن در جراحی‌های چهره دارای اهمیت زیادی است. وجود ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در زمینه آنالیز جراحی‌های چهره کمک شایانی را می‌تواند به متخصصان جراحی‌های چهره در قبیل و بعد عمل جراحی داشته باشد. در این راستا، نیاز به دانستن آنتروپومتری های موردنظر در آنالیز جراحی‌های چهره و استخراج ویژگی هستیم. جهت استخراج کانتور نمای جانبی چهره و ناحیه گوش برای آنالیز در جراحی‌های رینوپلاستی و اتوپلاستی از مدل کانتور فعال مبتنی بر توزیع گوسین مکانی (LGDF) استفاده شده است. در جراحی‌های اشاره شده، ابتدا کانتور ناحیه موردنظر را با استفاده از مدل LGDF استخراج کرده و در مرحله بعد با اعمال گوشیاب هریس نقاط شاخص موردنظر جهت آنالیز آنتروپومتری موردنظر آشکارسازی شده‌اند. دقت الگوریتم پیشنهادی در جراحی رینوپلاستی برای پایگاه داده دانشگاه سهند بالای ۹۰٪ بوده و در جراحی اتوپلاستی دقت الگوریتم پیشنهادی برای پایگاه داده AMI جهت اندازه‌گیری طول، عرض و زاویه خارجی گوش به ترتیب ۹۷/۴۲۳٪، ۹۶/۴۳۲٪ و ۸۵/۵۴۶٪ هستند.

وازگان کلیدی: آنالیز آنتروپومتری بافت نرم چهره، آنالیز جراحی چهره، سامانه تصویربرداری متعامد چهره، نقاط کلیدی چهره، مدل LGDF

## Anthropometric Analysis of Face using Local Gaussian Distribution Fitting Applicable for Facial Surgery

Ali Fahmi Jafargholkhanloo<sup>1</sup>, Mousa Shamsi<sup>2\*</sup> & Houshang Rouhi<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Faculty of Biomedical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran

<sup>3</sup>Faculty of Science, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

### Abstract

Human facial plays a very important role in the human's appearance. Many defects in the face affect the facial appearance, significantly. Facial plastic surgeries can correct the defects on the face. Analysis of facial color images is very important due to its numerous applications in facial surgeries. Different types of facial surgeries, such as Rhinoplasty, Otoplasty, Belpharoplasty and chin augmentation are performed on the face to make beautiful structure. Rhinoplasty and Otoplasty are widely used in the facial plastic surgeries. the former is performed to correct air passage, correct structural defects, and make a beautiful structure on bone, cartilage, and soft nasal tissue. Also, the latter is performed to correct defects in the ear area. Development of different tools in the field of facial surgery analysis can help surgeons before and after surgery. The main purpose of this study is the anthropometry analysis of facial soft tissue based on image processing methods applicable to Rhinoplasty and Otoplasty surgeries. The proposed method includes three parts; (1) contour detection, (2) feature extraction, and (3) feature selection. An Active Contour Model (ACM) based on Local Gaussian Distribution Fitting (LGDF) has been used to extract contours from facial lateral view and ear area. The LGDF model is a region-based model which unlike other models such as the

\* Corresponding author

\*نویسنده عهده‌دار مکاتبات

• تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۷/۳/۳

• تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۱۹

• تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۰۴/۰۱

• نوع مطالعه: پژوهشی

• سال ۱۳۹۹ شماره ۱ پیاپی ۴۳

Chan-Vese (CV) model is not sensitive to the inhomogeneity of image spatial intensity. Harris Corner Detector (HCD) has been applied to extracted contour for feature extraction. HCD is a method based on calculating of auto-correlation matrix and changing the gray value. In this study, dataset of orthogonal stereo imaging system of Sahand University of Technology (SUT), Tabriz, Iran has been used. After detecting facial key points, metrics of facial profile view and ear area have been measured. In analysis of profile view, 7 angles used in the Rhinoplasty have been measured. Analysis of ear anthropometry includes measuring the length, width and external angle. In the Rhinoplasty analysis, accuracy of the proposed method was about %90 in the all measurement parameters, as well as, it was %96.432, %97.423 and %85.546 in the Otoplasty analysis for measuring in the length, width and external angle of the ear on AMI database, respectively. Using the proposed system in planning of facial plastic surgeries can help surgeons in the Rhinoplasty and Otoplasty analysis. This research can be very effective in developing simulation and evaluation systems for the mentioned surgeries.

**Keyword:** Facial Soft Tissue Analysis, Surgery Analysis, Orthogonal Stereo Imaging, Facial Key Points, LGDF Model.

چهره بیمار بهمنظور همانندکردن چهره، بهطور طبیعی بازسازی می‌شود و بهطورمعمول با چهره اصلی یکسان نیست، مانند: ترمیم پوست آسیب دیده ناشی از سوختگی یا تصادف [4-6].

از ابزارهای بررسی و توصیف ظاهر انسان، می‌توان به علم آنتروپومتری یا اندازه‌گیری ابعاد بدن انسان اشاره کرد. یکی از زمینه‌های مهم مرتبط با علم آنتروپومتری، جراحی پلاستیک است. هدف از اعمال جراحی‌های زیبایی و ترمیمی مناسب‌کردن اجزای بدن تا حد نرمال است. یکی از مهمترین بخش‌های جراحی زیبایی و ترمیمی، جراحی چهره است، بنابراین دانش تنشابات نرمال در چهره انسان یکی از ضروری‌ترین اصول در آنالیز آنتروپومتری چهره برای متخصصان است. نخستین قدم در ارزیابی بیمارانی که جهت اعمال جراحی‌های زیبایی و ترمیمی به متخصصین مراجعه می‌کنند، آنالیز اجزای چهره است تا با معیارهای استاندارد مقایسه شده و بر اساس آن عمل جراحی مناسب انجام شود [7-10]. با توجه به اینکه در بین جراحی‌های ترمیمی و زیبایی چهره، پرکاربردترین و مهم‌ترین جراحی‌ها در کشور ایران به ترتیب، جراحی‌های رینوپلاستی<sup>۳</sup> و اوتولاستی<sup>۴</sup> هستند، درنتیجه، در این پژوهش به آنالیز آنتروپومتری چهره بهمنظور کاربرد در جراحی‌های یادشده پرداخته شده است.

رینوپلاستی یک عمل جراحی بر روی استخوان، غضروف و بافت نرم بینی است که بهمنظور اصلاح عبور هوا در بینی، اصلاح نقص‌های ساختاری و دادن یک فرم زیبا به بینی انجام می‌شود. عمل جراحی سپتورینوپلاستی<sup>۵</sup> نیز شامل عمل جراحی بر روی دیواره یا دیواره بین دو طرف از

<sup>3</sup> Rhinoplasty Surgery

<sup>4</sup> Otoplasty Surgery

<sup>5</sup> Septorhinoplasty Surgery

## ۱- مقدمه

امروزه آنالیز تصاویر چهره انسان بهدلیل کاربردهای فراوان آن اهمیت زیادی پیدا کرده است. از جمله این کاربردها می‌توان به چهره‌نگاری پلیسی، تشخیص حالات چهره، پویانمایی چهره انسان، واسطه‌های کاربری با تصاویر چهره انسان، جراحی‌های ترمیمی و زیبایی چهره اشاره کرد. چهره انسان نقش بسیار مهمی را در ظاهر فرد ایفا می‌کند؛ ناهنجاری‌های خیلی کم در چهره انسان، بهمیزان قابل توجهی شکل ظاهری فرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اهمیت انجام جراحی‌های چهره امروزه بر هیچ کسی پوشیده نیست و همواره با حساسیت بسیار زیادی هم از طرف بیمار و هم از طرف جراح همراه بوده است [1-3].

هدف اصلی در جراحی‌های پلاستیکی، برقراری مجدد عملکرد پوست و نزدیک کردن ساختار بافت به سطح عملکرد در حالت طبیعی است. جراحی‌های پلاستیکی به خاطر سه هدف مهم: (۱) کاهش کاستی‌های مادرزادی، (۲) ترمیم پوست و بافت آسیب دیده ناشی از بیماری، (۳) ترمیم پوست و بافت آسیب دیده ناشی از صدمه انجام می‌پذیرد. جراحی‌های پلاستیکی در حالت کلی به دو دسته جراحی پلاستیکی محلی<sup>۱</sup> (LPS) و جراحی پلاستیکی همه‌جانبه<sup>۲</sup> (GPS) متمایز می‌شوند. در جراحی‌های GPS پزشک یک محل مشخصی از بدن را مورد جراحی قرار می‌دهد، در حالی که در جراحی‌های LPS پزشک می‌تواند یک ناحیه از بدن را مورد عمل جراحی قرار دهد. جراحی‌های LPS بهمنظور اصلاح نواقص موجود در چهره، اصلاح فک و ساختار دندان، ساختار بینی، چانه، پیشانی و پلک چشم به کار می‌رود. در جراحی‌های GPS، قیافه، بافت و ویژگی‌های

<sup>1</sup> Local Plastic Surgery

<sup>2</sup> Global Plastic Surgery

در خط میانی،<sup>۹</sup> نقطه خط میانی لب پایین در مرز ورمیلیون،<sup>۱۰</sup> نقطه میانی چین لابیومنتال<sup>۱۱</sup> بین لب پائین و چانه،<sup>۱۲</sup> قدامی ترین نقطه چانه [۱۴]، هستند. مهم ترین پارامترهای موردنظر یک متخصص رینوپلاستی شامل موارد زیر هستند [۱۵-۱۷].

• **زاویه نازوفرونوتال<sup>۱۳</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نقطه گلابلا تا نقطه نازیون، و خط شکل گرفته از نقطه نازیون تا نوک بینی، با محدوده ۱۳۵-۱۱۵ درجه، شکل (۲-الف).

• **زاویه نازومنتال<sup>۱۴</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نقطه نوک بینی تا نقطه نازیون، و خط شکل گرفته از نقطه نازیون تا نقطه پاگونیون، با محدوده ۳۰-۲۰ درجه، شکل (۲-ب).

• **زاویه نوک بینی<sup>۱۵</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نقطه نازیون تا نوک بینی، و خط شکل گرفته از نوک بینی تا نقطه سابنازال، با محدوده ۸۸-۷۰ درجه، شکل (۲-ج).

• **زاویه تقرع چهره شامل بینی<sup>۱۶</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نقطه نازیون تا نوک بینی، و خط شکل گرفته از نوک بینی تا نقطه پاگونیون، با محدوده ۱۳۰-۱۲۰ درجه، شکل (۲-د).

• **زاویه تقرع چهره بدون بینی<sup>۱۷</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نقطه گلابلا تا نقطه ساب نازال، و خط شکل گرفته از نقطه سابنازال تا نقطه پاگونیون، با محدوده ۱۷۰-۱۵۰ درجه، شکل (۲-و).

• **زاویه منتولابیال<sup>۱۸</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نقطه قسمت پایینی لب تا نقطه سوپرامتال، و خط شکل گرفته از نقطه سوپرامتال تا نقطه پاگونیون، با محدوده ۱۰۷-۱۱۸ درجه، شکل (۵-۲).

• **زاویه نازولابیال<sup>۱۹</sup>**: زاویه بین خط شکل گرفته از نوک بینی تا نقطه سابنازال، و خط شکل گرفته از نقطه سابنازال تا نقطه قسمت بالایی لب، با محدوده ۱۱۰-۹۰ درجه.

<sup>9</sup> Labial Inferior

<sup>10</sup> Supramental

<sup>11</sup> Labiomental

<sup>12</sup> Pagonion

<sup>13</sup> Nasofrontal Angle

<sup>14</sup> Nasomental Angle

<sup>15</sup> Nose Tip Angle

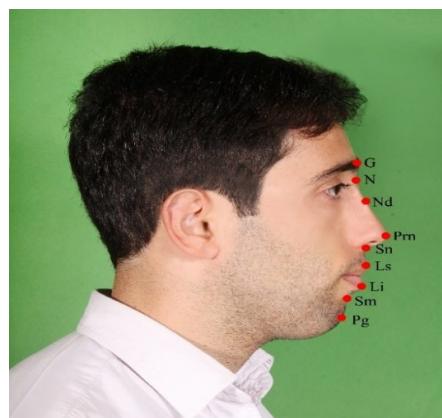
<sup>16</sup> Convexity of Including Nose

<sup>17</sup> Convexity of Excluding Nose

<sup>18</sup> Mentolabial Angle

<sup>19</sup> Nasolabial Angle

بینی بوده و بر روی افرادی که نمی توانند به خوبی از طریق بینی نفس بکشند، انجام می شود. جراحی رینوپلاستی به دلیل ایجاد ساختار مناسب و زیبا در بیمار، یک چالش همیشگی برای متخصصان است، که در آن ارزیابی درست از پارامترهای تقارن چهره، احراز تغییرات هارمونیک مناسب بر روی بیمار را می دهد. به منظور رسیدن به این هدف، ارزیابی درست از پارامترهای زیبائی جهت به دست آوردن تغییرات هارمونیک ضروری بوده و یک متخصص جراحی رینوپلاستی باید درک قوی ای از این مفاهیم را داشته باشد [۱۱-۱۳].



(شکل-۱): نقاط شاخص نمای جانبی چهره  
(Figure-1): Facial landmarks in the lateral view

با توجه به اینکه درک زیبائی چهره یک فرد با آنالیز آنتروپومتری چهره از نمای جانبی چهره بیشتر قابل فهم است، و از طرف دیگر به دلیل تنوع و پیچیدگی های موجود در نمای جانبی چهره، تمرکز اصلی متخصصان رینوپلاستی در قبل و بعد عمل جراحی، بیشتر در نمای جانبی چهره است. به منظور نشان دادن آنتروپومتری های مهم چهره از نمای جانبی در جراحی رینوپلاستی، نقاط شاخص مهم در این نما از چهره شکل (۱) شامل: <sup>1</sup>G بر جستگی ظریف بین ابروها، <sup>2</sup>N عمیق ترین نقطه گودی بین پیشانی و بینی، <sup>3</sup>Nd اتصال استخوانی و غضروفی بینی در خط میانی، <sup>4</sup>Pronasal نوک بینی یا برآمده ترین قسمت بینی، <sup>5</sup>Sn نقطه ای که کلوملا<sup>۶</sup> با لب فوکانی در صفحه ساجیتال ادغام می شود، <sup>7</sup>Ls محل اتصال قرمزی و پوستی قسمت بالایی لب در مرز ورمیلیون<sup>۸</sup>

<sup>1</sup> Glabella

<sup>2</sup> Nasion

<sup>3</sup> Nasal Dorsum

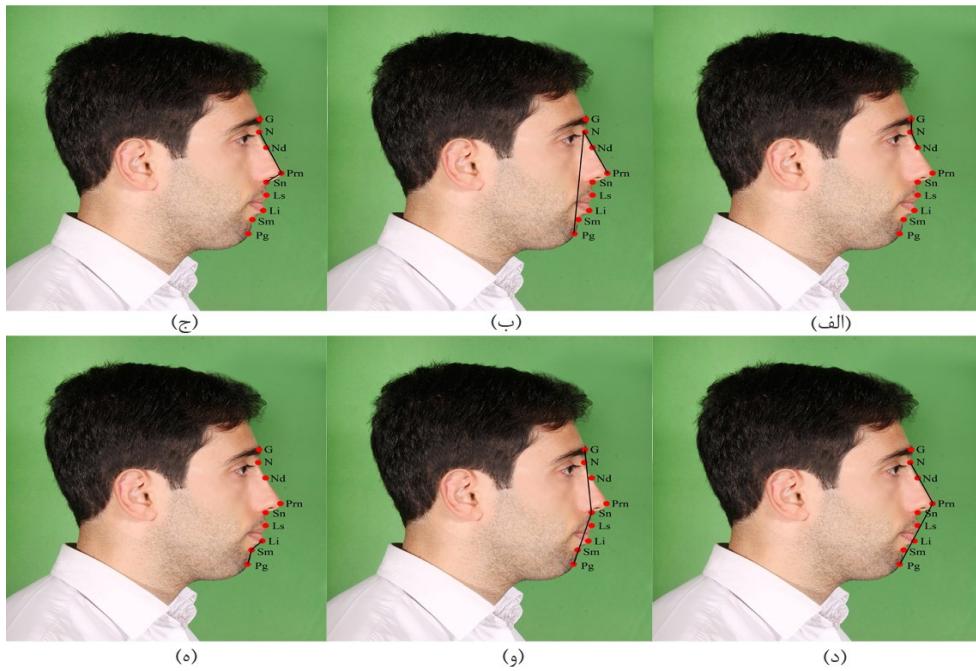
<sup>4</sup> Pronasal

<sup>5</sup> Subnasal

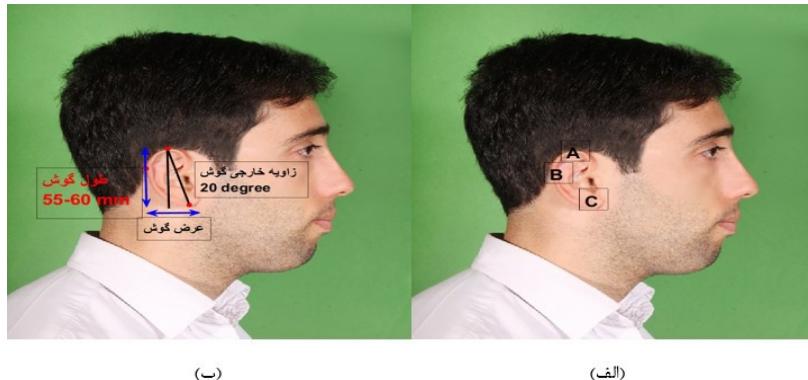
<sup>6</sup> Columella

<sup>7</sup> Labial Superior

<sup>8</sup> Vermilion



(Figure-2): Facial anthropometry analysis for Rhinoplasty surgery.



شکل-۳): نمایی از ساختار طبیعی گوش. (الف): فاصله نقاط A، B و C از پوست در حالت طبیعی به ترتیب ۱۰-۱۶، ۱۲-۱۴ و ۲۰-۲۲ میلی متر است. (ب): نمایی از آنتوپومتی طبیعی گوش.

انوپلاستی برقراری دوباره ظاهر طبیعی برای لاله گوش<sup>۱</sup> و ارتباط آن با سر است [۲۰-۱۸].

ظاهر گوش خارجی در حالت طبیعی دارای فاصله کمتر از دو سانتی‌متر از سر و زاویه‌ی کمتر از ۲۰ درجه نسبت به آن است. در صورت بیش تر بودن این حدود، از نمای رویه‌رو و یا پشتی ظاهر گوش به صورت بر جسته به نظر خواهد آمد. در عمل جراحی اتوپلاستی، در صورت بر جسته بودن گوش، از طریق بخیه‌زدن گوش، می‌توان لاله گوش را صاف و

جراحی اتوپلاستی روشی است که در آن اندازه و حالت گوش‌ها تغییر پیدا می‌کنند. در این جراحی، ساختار نامناسب گوش را که به صورت مادرزادی در طول رشد، یا به دلیل حوادث به وجود آمده است، می‌توان اصلاح کرد. بسیاری از افراد از دوران کودکی با اندازه و ظاهر گوش خود مشکل دارند، یا اینکه برآمدگی گوش آن‌ها دارای تقارن مناسب نبوده و یا دارای مشکل افتادگی بیش از حد در گوش‌های خود هستند، درنتیجه هدف اصلی یک متخصص

<sup>4</sup> Belpharoplasty Surgery<sup>5</sup> Histogram Oriented Gradient<sup>6</sup> Support Vector Machine<sup>7</sup> Active Appearance Model

رادون، ابتدا نواحی موردنظر در تصویر انتخاب و سپس بر روی تصویر رنگی فیلتر میانه اعمال شده است، و درنهایت با آشکارسازی کانتور نمای جانبی چهره با استفاده از مدل کانتور فعال و پیداکردن دو نقطه کمینه با استفاده از تبدیل رادون، خطوط موردنظر جهت اندازه‌گیری زوایای یادشده آشکارسازی شده‌اند. بخشعلی و همکارانش [23] جهت اندازه‌گیری دقیق بیومتریک چهره و ایجاد تصویری روش و شفاف از چین و چروک اطراف چشم، سامانه‌ای را طراحی کرده‌اند که این سامانه به منظور کاربرد در جراحی بلفاروپلاستی<sup>۴</sup> به کار گرفته می‌شود. در این سامانه با به کارگیری فیلتر فازی، ابتدا تصاویر بیماران مورد عمل جراحی بلفاروپلاستی از پایگاه داده دکتر استین بهبود بخشیده شده و درنهایت چین و چروک اطراف ناحیه چشم مشخص شده است. در [24] جهت آشکارسازی نقاط شاخص نمای جانبی چهره بر روی تصاویر سفالوگرام جهت کاربرد در آنالیز جراحی رینوپلاستی، ابتدا کانتور نمای جانبی چهره با استفاده از مدل کانتور فعال بدون لبه آشکار شده است. پس از استخراج کانتور نمای جانبی، با استفاده از هیستوگرام گرادیان‌های جهت‌دار (HOG)<sup>۵</sup> و ماشین بردار پشتیبان (SVM<sup>۶</sup>)، نقطه شاخص از ناحیه چانه جهت زیده شده‌اند. تقی‌زاده و همکارانش [25] به منظور آشکارسازی نقاط شاخص نمای جانبی چهره بر روی تصاویر سفالوگرام از مدل AAM<sup>۷</sup> استفاده کرده‌اند. در این روش از ۱۹۱ نقطه شاخص جهت یادگیری اولیه استفاده شده، و از بین این نقاط، چهارده نقطه اصلی برای آنالیز در جراحی ارتودنسی به کار گرفته شده و درنهایت، با آشکارسازی این نقاط شاخص، هشت زاویه مهم در جراحی ارتودنسی اندازه‌گیری شده است.

در این پژوهش یک روش کانتور فعال مبتنی بر توزیع گوسین مکانی به منظور استخراج کانتور نمای جانبی چهره و کانتور گوش جهت آنالیز آنتروپومتری چهره برای جراحی رینوپلاستی و اتوپلاستی ارائه شده است. ساختار کلی مقاله به این صورت است: در بخش ۲ مدل کانتور فعال مبتنی بر توزیع گوسین مکانی توضیح داده می‌شود. بخش ۳ شامل نحوه استخراج ویژگی در سامانه‌های جراحی رینوپلاستی و جراحی اتوپلاستی است. در بخش ۴ نتایج پیاده‌سازی‌ها و در بخش ۵ نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها را خواهیم داشت.

به سر نزدیک‌تر کرد، همچنین درصورتی که یکی از گوش‌ها نسبت به دیگری بالاتر باشد، از طریق عمل جراحی اتوپلاستی می‌توان آن‌ها را نسبت به هم مقارن کرد [21]. از لحاظ زیباشناسی، مناسب‌ترین افکنش<sup>۱</sup> لاله گوش، در حدود ۳۰–۲۰ درجه از جمجمه است. در حالت طبیعی، طول گوش به طور تقریبی ۶۰–۵۵ میلی‌متر و عرض آن در حدود ۰.۵۵٪ طول گوش بوده که در شکل (۳-ب) نشان داده شده است. یکی از مهم‌ترین اندازه‌گیری‌ها، فاصله هلیکس تا پوست سر است، که در سه نقطه شامل: نقطه بالایی دیواره هلیکس، نقطه میانی هلیکس و لوبل، شکل (۳-الف)، قابل اندازه‌گیری است. محدوده این فواصل به ترتیب ۱۰–۱۶، ۱۶–۲۰ و ۲۰–۲۲ میلی‌متر هستند [18].

شاید در ارتباط با افراد در جامعه، بعضی از اشخاص را دیده‌اید که لاله هر دو گوششان یا یکی از آن‌ها نسبت به دیگری برجسته باشد. گوش برجسته<sup>۲</sup>، یک تعییر شکل در ساختار گوش خارجی<sup>۳</sup> است. این ناهنجاری می‌تواند باعث تنش‌های فیزیولوژیکی، آسیب‌های عاطفی و اختلالات رفتاری بهویژه در کودکان شود. تمامی این مشکلات از طریق جراحی اتوپلاستی برطرف می‌شود [19].

با توجه به اینکه با مفهوم و آنالیز آنتروپومتری دو جراحی مهم و پرکاربرد در کشور ایران، به ترتیب جراحی رینوپلاستی و جراحی اتوپلاستی آشنا شدیم، در ادامه به توضیح مختصر بر پیشینه کارهای بژوهشی در زمینه آنالیز چهره با کاربرد در جراحی‌های چهره، که تعداد این روش‌ها محدود هستند، خواهیم پرداخت.

بخشعلی و شمسی [22] به منظور اندازه‌گیری سه زوایای نازولابیال، چانه و نوک بینی، خطوط موردنظر جهت اندازه‌گیری زوایای یادشده را از مهم‌ترین آشکارسازی کرده‌اند. تبدیل رادون یکی از مهم‌ترین اصول‌های ریاضی در تصویربرداری توموگرافی از یک شی است. در توابع دو بعدی، اطباق یک انعکاس تمام اشعه در طول یک جهت مشخص، سینوگرام نامیده می‌شود. مقدار یک نقطه در فضای رادون برابر با حاصل جمع نقاط روی خط در فضای دو بعدی است. در [22] جهت اندازه‌گیری زوایای نازولابیال، چانه و نوک بینی با استفاده از تبدیل

<sup>1</sup> Projection<sup>2</sup> Prominent Ear<sup>3</sup> External Ear

گوش خارجی فقط در پستانداران وجود داشته و مسئول هدایت ارتعاشات به قسمت میانی و درونی گوش است.

## ۲- مدل کانتور فعال مبتنی بر توزیع گوسین مکانی

مدل‌های کانتور فعال یکی از موفق‌ترین روش‌ها بهمنظور بخش‌بندی تصاویر و آشکارسازی مرزها هستند. ایده اصلی در این مدل‌ها حرکت منحنی تحت تعدادی محدودیت‌ها، جهت استخراج شئ موردنظر است. با توجه به ماهیت محدودیت‌های موجود در مدل‌های کانتور فعال، این مدل‌ها تحت تنظیم سطح به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: مدل‌های مبتنی بر لبه و مدل‌های مبتنی بر ناحیه. مدل‌های مبتنی بر لبه [26] از اطلاعات لبه مانند گرادیان تصویر برای حرکت کانتور فعال استفاده می‌کنند، این نوع از مدل‌ها به نویه حساس بوده و درنتیجه برای تصاویر با شدت نور پایین مناسب نیستند؛ در مقابل مدل‌های مبتنی بر ناحیه [27,28] به اطلاعات آماری داخل و خارج ناحیه محدودشده توسط کانتور وابسته بوده و نسبت به مدل‌های مبتنی بر لبه دارای مزایای زیادی هستند. نخست این‌که، به گرادیان تصویر وابستگی‌ای ندارند و می‌توانند اشیای باله ضعیف یا بدون لبه را بهصورت رضایت‌بخش بخش‌بندی کنند. دوم این‌که، با استفاده از اطلاعات مکانی حساسیت کمتری به نویز دارند [29].

یکی از محبوب‌ترین مدل‌های مبتنی بر ناحیه مدل چان-سویس [30] است. عیب مدل چان-سویس (C-V) این است که برای تصاویر با شدت مکانی یکنواخت مناسب است و در عمل در بخش‌بندی تصاویر با شدت مکانی غیریکنواخت نتیجه ضعیفی را ارائه می‌کند؛ بههمین دلیل، بهمنظور استخراج کانتور موردنظر نمای جانبی چهره از روش LGDF استفاده شده است که در عمل به غیریکنواختی بودن شدت مکانی تصویر حساس نیست.

مدل کانتور فعال مبتنی بر LGDF جهت بخش‌بندی تصاویر با شدت مکانی غیریکنواخت مناسب بوده و در این مدل، شدت‌های مکانی تصویر بهوسیله توزیع گوسین با میانگین و واریانس‌های متغیر توصیف می‌شود. در این مدل از تطبیق انرژی با توزیع گوسین مکانی استفاده کرده وتابع مجموعه سطح با میانگین و واریانس‌های مکانی بهعنوان متغیرها تعریف می‌شود. در مدل LGDFتابع مجموعه سطح بهعنوان جریان گرادیان طراحی شده که تابع انرژی را کمینه کرده و باعث حرکت تابع سطح صفر به سمت مکان‌های موردنظر می‌شود [29].

با فرض بر اینکه  $\{\Omega_i\}_{i=1}^N$  مجموعه‌ای از نواحی گسسته در یک تصویر  $\Omega$  با تعداد نواحی  $N$  باشد، در این صورت، دو شرط کلی برای بخش‌بندی یک تصویر بهصورت زیر است

$$\begin{cases} \Omega = \bigcup_{i=1}^N \Omega_i \\ \Omega_i \cap \Omega_j \neq \emptyset \text{ for } i \neq j \end{cases} \quad (1)$$

اگر برای هر نقطه  $X$  در تصویر یک همسایگی دایره‌ای به شعاع کوچک  $\rho$  بهصورت زیر تعریف کنیم [29]:

$$\vartheta_x \triangleq \{y: |x - y| \leq \rho\} \quad (2)$$

در این صورت با فرض بر اینکه  $p(y \in \Omega_i \cap \vartheta_x | I(y))$  برای مقیاس خاکستری  $(y)_I$ ، احتمال پسین زیرنواحی  $\Omega_i \cap \vartheta_x$  باشد، در این صورت بر اساس قاعده بیز احتمال پسین بهصورت زیر تعریف خواهد شد [29]:

$$p(y \in \Omega_i \cap \vartheta_x | I(y)) = \frac{p(I(y) | y \in \Omega_i \cap \vartheta_x) p(y \in \Omega_i \cap \vartheta_x)}{p(I(y))} \quad (3)$$

که در آن  $p(I(y) | y \in \Omega_i \cap \vartheta_x)$  توزیع مقدار خاکستری در ناحیه  $\vartheta_x$  بوده و با نماد  $p_{i,x}(I(y))$  نشان داده می‌شود،  $p(y \in \Omega_i \cap \vartheta_x | I(y))$  احتمال پیشین ناحیه  $\Omega_i \cap \vartheta_x$  بوده و  $p(I(y))$  بیز احتمال پیشین مقدار خاکستری  $I(y)$  بوده و بهدلیل مستقل بودن از انتخاب ناحیه، می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

با فرض بر اینکه پیکسل‌های درون هر ناحیه مستقل باشند، در این صورت بیشینه احتمال پسین تنها درصورتی بهدست خواهد آمد که عبارت زیر بیشینه شود [29]:

$$\prod_{i=1}^N \prod_{y \in \Omega_i \cap \vartheta_x} p_{i,x}(I(y)) \quad (4)$$

درصورتی که از رابطه (4) لگاریتم گرفته شود، بیشینه انرژی به کمینه انرژی تبدیل خواهد شد [29]:

$$E_x^{LGDF} = \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i \cap \vartheta_x} -\log(p_{i,x}(I(y))) dy \quad (5)$$

بهمنظور مدلینگ توزیع مقدار خاکستری در ناحیه  $\vartheta_x$  انواع متفاوتی از روش‌ها شامل:تابع چگالی گوسین و LGDF تخمین غیر پارامتری Parzen وجود دارد. در مدل جهت مدلینگ احتمال شدت‌ها از تابع چگالی گوسین استفاده می‌کنیم و فرض بر این است که میانگین و واریانس توزیع گوسین مکانی متغیر هستند [29]:

$$p_{i,x}(I(y)) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_i(x)} \exp\left(-\frac{(u_i(x) - I(y))^2}{2(\sigma_i(x))^2}\right) \quad (6)$$



$$-\int \omega(x-y) \log(p_{2,x}(I(y))) M_2(\phi(y)) dy$$

جهت کنترل صافی مجموعه سطح صفر و کنترل نوفه برای رابطه (۱۱) یک طول منحنی به صورت زیر تعریف می‌شود:

: [29]

$$L(\phi) = \int |\nabla H(\phi(x))| dx = \int \delta(\phi(x)) |\nabla \phi(x)| dx \quad (12)$$

برای محاسبه دقیق شامل تابع مجموعه سطح و پایداری آن از عبارت تنظیم<sup>۱</sup> استفاده می‌کنیم. عبارت تنظیم مجموعه سطح به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_p(\phi) \triangleq \int_{\Omega} p(|\nabla \phi|) dx \quad (13)$$

که در آن  $p$  یک تابع پتانسیل است. یک انتخاب ساده از تابع پتانسیل برای عبارت تنظیم  $p(s) = s^2$  است. به عبارت دیگر می‌توان بیان کرد که: عبارت تنظیم با یک تابع پتانسیل تعریف می‌شود، به طوریکه دامنه گرادیان تابع مجموعه سطحرا به یکی از نقاط کمینه به منظور نگهداشتن شکل موردنظر تابع مجموعه سطح اعمال می‌کند. یکی از این توابع پتانسیل Single Well Potential [28] است که دارای یک کمینه در نقطه  $S=1$  بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$p(\phi) = \int \frac{1}{2} (|\nabla \phi(x)| - 1)^2 dx \quad (14)$$

درنتیجه با ترکیب روابط (۱۱-۱۴) عملکرد انرژی به صورت زیر نوشته می‌شود [29]:

$$\begin{aligned} E_x^{LGDF}(\phi, u_1(x), u_2(x), \sigma_1^2(x), \sigma_2^2(x)) \\ - \int \omega(x-y) \log(p_{2,x}(I(y))) M_2(\phi(y)) dy \\ + \nu L(\phi) + \mu p(\phi) \end{aligned} \quad (15)$$

که در آن متغیرهای میانگین و واریانس به صورت زیر تعریف می‌شوند [29]:

$$p(\phi) = \int \frac{1}{2} (|\nabla \phi(x)| - 1)^2 dx \quad (16)$$

$$\sigma_i(x)^2 = \frac{\int \omega(x-y) (u_i(x) - I(y))^2 M_i(\phi(y)) dy}{\int \omega(x-y) M_i(\phi(y)) dy} \quad (17)$$

یک روش استاندارد جهت کمینه کردن عملکرد انرژی نسبت به حل معادله جریان گرادیان  $\frac{\partial \phi}{\partial t} = -\frac{\partial F}{\partial \phi}$  است، که در آن  $\frac{\partial F}{\partial \phi}$  مشتق Gateaux عملکرد انرژی است. درنتیجه برای کمینه کردن انرژی کافی است که از رابطه (۱۵) مشتق Gateaux گرفته شود، که در آن ما به نتیجه مشتق

که در آن  $(x_i, u_i)$  و  $\sigma_i(x)$  به ترتیب میانگین و واریانس توزیع گوسین متغیر شدت مکانی هستند.

برای هر نقطه  $\Omega \in X$ ، از یک تابع کرنل گوسین  $(y-x)$  به عنوان یک تابع وزنی استفاده می‌کنیم، در این صورت عملکرد انرژی مکانی برای یک نقطه  $X$  به صورت زیر تعریف می‌شود [29]:

$$E_x^{LGDF} = \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i \cap \Omega_X} -\omega(x-y) \log(p_{i,x}(I(y))) dy \quad (7)$$

که در آن تابع کرنل گوسین با واریانس  $\sigma$  به صورت زیر تعریف می‌شود [29]:

$$\omega(x-y) = \begin{cases} \frac{1}{a} \exp\left(-\frac{|(x-y)|^2}{2\sigma^2}\right) & \text{if } |x-y| \leq \rho \\ 0 & \text{if } |x-y| > \rho \end{cases} \quad (8)$$

که در آن  $a$  یک پارامتر ثابت بوده و  $= 1 / \int \omega(x-y) dy$  است. وجود تابع کرنل گوسین باعث می‌شود که: اگر  $y$  نزدیک به  $x$  باشد، در این صورت مقدار تابع کرنل گوسین بزرگ بوده و سهم شدت  $(y)$  برای عملکرد انرژی قابل توجه خواهد بود. از طرف دیگر، زمانی که  $y$  دورتر از  $x$  است، در این صورت مقدار تابع کرنل گوسین به شدت به سمت صفر کاهش یافته، به طوری که سهم شدت  $(y)$  برای عملکرد انرژی به صفر برسد. برای تمامی نقاط مرکزی  $x$  در تصویر  $\Omega$  هدف نهایی کمینه کردن عبارت زیر است [29]:

$$E_x^{LGDF} = \int_{\Omega} \left( \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} -\omega(x-y) \log(p_{i,x}(I(y))) dy \right) dx \quad (9)$$

به دلیل اینکه رابطه (۹) در  $N$  ناحیه  $\{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_N\}$  بیان شده است، انرژی توصیف شده برای ارائه یک جواب جهت کمینه کردن انرژی سخت خواهد بود. بنابراین یک تابع مجموعه سطح برای نشان دادن یک نواحی جدا از هم به کار گرفته می‌شود. با فرض بر اینکه تصویر می‌تواند به دو ناحیه پیش زمینه  $\Omega_1$  و پس زمینه  $\Omega_2$  تقسیم شود، در این صورت این نواحی می‌توانند به عنوان نواحی بیرون و درون مجموعه سطح صفر  $\phi$  نشان داده شوند. یعنی [29]:

$$\Omega_1 = \{\phi > 0\} \text{ and } \Omega_2 = \{\phi < 0\} \quad (10)$$

با استفاده از تابع Heaviside ( $H$ ) و تابع مجموعه سطح برای نواحی پیش زمینه و پس زمینه بیان شده، عملکرد انرژی به صورت زیر تعریف می‌شود [29]:

$$\begin{aligned} E_x^{LGDF}(\phi, u_1(x), u_2(x), \sigma_1^2(x), \sigma_2^2(x)) \\ = - \int \omega(x-y) \log(p_{1,x}(I(y))) M_1(\phi(y)) dy \end{aligned} \quad (11)$$

صنعتی سهند تبریز و پایگاه داده AMI استفاده شده است. تصاویر پایگاه داده دانشگاه صنعتی سهند تبریز از طریق سامانه تصویربرداری استریو گرفته شده که متعامد بوده و در آنالیز جراحی‌های چهره کاربرد زیادی دارد. سامانه متعامد شامل ساخت ثابت نگذارنده سر بوده که دقت تصویربرداری را افزایش داده و در عمل باعث قرارگیری سر در بهترین موقعیت خود می‌شود. کنترل این موقعیت توسط یک قرقه وزنی تعادلی انجام گرفته که باعث قرارگیری سامانه در بهترین مکان می‌شود. سامانه تصویربرداری متعامد مزایای بسیار مهمی در آنالیز جراحی‌های چهره دارد. از جمله مزایای مهم می‌توان به: ارائه سه تصویر از سه نمای چهره به صورت همزمان و متعامد، کالبیراسیون دقیق، جلوگیری از هرگونه لرزش اشکال در حین تصویربرداری و استفاده آسان در بیمارستان‌ها و کلینیک‌های زیبایی و ترمیمی چهره اشاره کرد. داده‌های جمع‌آوری شده از طریق سامانه تصویربرداری متعامد به عنوان ورودی برای سامانه جراحی رینوپلاستی به کار گرفته شده‌اند. در سامانه جراحی رینوپلاستی از ۲۴ تصویر نمای جانی و روپرتوی چهره استفاده شده است. این تصاویر در اندازه  $800 \times 800$  پیکسل مقیاس بندی شده و از شرایط روشانی پیچیده‌ای بهره‌مند نیستند. در تمامی تصاویر به کار گرفته شده یک نشان‌گر کالبیره وجود دارد، که از طریق آن تصاویر به مقیاس واقعی تبدیل می‌شوند.

در سامانه جراحی اتوپلاستی، به منظور اندازه‌گیری طول، عرض و زاویه خارجی گوش از پایگاه داده AMI [31] استفاده شده است. این پایگاه داده حاوی تصاویر ناحیه گوش از نمای روبرو، راست، چپ، پائین و بالا هستند. در سامانه جراحی اتوپلاستی از ۲۱ تصویر نمای روپرتوی گوش استفاده شده است. تمامی تصاویر این پایگاه داده در اندازه  $492 \times 702$  پیکسل بوده که به صورت دو بعدی و رنگی هستند.

### ۱-۳- سامانه جراحی رینوپلاستی

به منظور اندازه‌گیری هفت زاویه توضیح داده شده در بخش ۱، نیازمند آشکارسازی ۹ نقطه ساختمان نشان داده شده در شکل (۱) هستیم. همان‌طوری که در شکل (۴) نیز نشان داده شده است، سامانه جراحی رینوپلاستی در دو گام انجام می‌پذیرد.

با توجه به این که تصاویر سامانه جراحی رینوپلاستی متعامد هستند و در عمل متعامد بودن تصاویر باعث می‌شوند

$$\begin{aligned} & \text{عبارت نخست نیاز داریم، با تغییر مرتبه انتگرالی،} \\ & \text{انرژی را می‌توان به صورت زیر دوباره نوشت [29]:} \\ E_x^{LGDF}(\phi, u_1(x), u_2(x), \sigma_1^2(x), \sigma_2^2(x)) & \quad (18) \\ & - \int \omega(x-y) \log(p_{2,x}(I(y))) M_2(\phi(y)) dy \\ & + \nu L(\phi) + \mu p(\phi) \end{aligned}$$

در نتیجه مشتق Gateaux رابطه (18) به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial \phi} = \delta_\varepsilon(\phi)(e_1 - e_2) - \nu \delta_\varepsilon(\phi) \operatorname{div}\left(\frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|}\right) & \quad (19) \\ - \mu \left( \nabla^2 \phi - \operatorname{div}\left(\frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|}\right) \right) \end{aligned}$$

که در آن تابع Heaviside دیراک و  $e_i$  به صورت زیر تعریف می‌شوند [29]:

$$H_\varepsilon(Z) = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{Z}{\varepsilon}\right) \right) \quad (20)$$

$$\delta_\varepsilon(Z) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{\varepsilon}{Z^2 + \varepsilon^2} \quad (21)$$

$$e_i = \int \omega(x-y) \left( \log(\sigma_i(x)) + \frac{(I(y)-u_i(x))^2}{2\sigma_i(x)^2} \right) \quad (22)$$

رابطه (19) در حالت عددی می‌تواند با استفاده از روش تفاضلی محدود حل شود. تقریبی از رابطه (19) می‌تواند به صورت زیر گسسته‌سازی شود:

$$\phi_{i,j}^{n+1} = \phi_{i,j}^n + \Delta t \cdot Q(\phi_{i,j}^n) \quad (23)$$

که در آن  $\Delta t$  گام زمانی و  $Q(\phi_{i,j}^n)$  تقریبی از سمت راست رابطه (19) است.

فرآیند اصلی مدل کانتور فعال مبتنی بر LGDF به طور خلاصه به صورت زیر است:

**مرحله نخست:** مقداردهی یکتابع مجموعه سطح  $\phi$ .  
**مرحله دوم:** به روزرسانی میانگین مکانی با استفاده از رابطه (۱۶).

**مرحله سوم:** به روزرسانی واریانس مکانی با استفاده از رابطه (۱۷).

**مرحله چهارم:** به روزرسانی تابع مجموعه سطح با استفاده از رابطه  $\frac{\partial \phi}{\partial t}$ .

**مرحله پنجم:** برگشتن به مرحله دوم تا زمانی که معیار هم‌گرایی وجود دارد.

### ۳- توصیف پایگاه داده

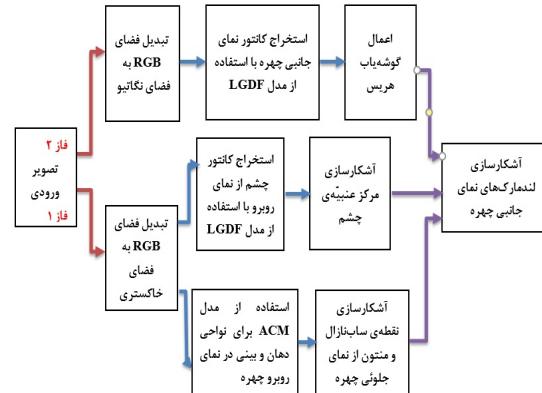
به منظور آزمایش الگوریتم پیشنهادی در سامانه‌های جراحی رینوپلاستی و اتوپلاستی، به ترتیب، از پایگاه داده دانشگاه



تصاویر، تمامی نقاط مختصه y گوشه‌های به دست آمده از طریق HCD را بر مختصه y خط عبوری از نقطه گلابلا در نمای روبه‌روی چهره تقسیم کرده و از بین نتایجی که در بازه [۰-۹۷] قرار گرفته‌اند، بیشینه مقدار به عنوان نقطه گلابلا از نمای جانبی چهره انتخاب می‌شود. به‌منظور پیداکردن نوک بینی از نمای جانبی چهره، کافی است، بیشینه مختصه y موجود در مختصات به دست آمده از طریق HCD را پیداکنیم. جهت پیدا کردن نقطه سابنال، تمامی نقاط مختصه y به دست آمده از طریق HCD بر مختصه y خط عبوری از نقطه سابنال از نمای روبه‌روی چهره (قسمت کمینه کانتور استخراج شده بینی) تقسیم کرده و از بین نتایجی که در بازه [۰-۹۷] قرار گرفته‌اند، بیشینه مقدار را به عنوان نقطه سابنال از نمای جانبی چهره انتخاب می‌کنیم. الگوریتم مورد استفاده از نمای جانبی چهره به دست آوردن نقاط SM و Nasion از نمای جانبی چهره به ترتیب در شکل (۶-الف) و (۶-ب) نشان داده شده است. جهت پیداکردن نقطه SI، مختصه yهای (HCD) قرار گرفته بین مختصه y خط عبوری از سابنال از نمای روبه‌روی چهره ( نقطه کمینه کانتور بینی به دست آمده با استفاده از ACM) و مختصه y خط عبوری از قسمت بالایی لب از نمای روبه‌روی چهره را به دست آورده، و از بین این نقاط، بیشینه نقطه به عنوان نقطه SI خواهد بود. جهت پیداکردن نقطه yهای قرار گرفته بین مختصه y خط عبوری از سابنال از نمای روبه‌روی چهره و مختصه y خط عبوری از قسمت پایین لب از نمای روبه‌روی چهره را به دست آورده و مکان آن را به Xها نیز تعیین داده و از بین این نقاط X، بیشینه نقطه به عنوان نقطه SI خواهد بود. جهت پیداکردن نقطه پاگونیون از نمای جانبی چهره، از بین نقاط HCD قرار گرفته در زیر قسمت پایینی لب از نمای جانبی چهره، بیشینه مختصه y از بین نقاط HCD به عنوان نقطه پاگونیون از نمای جانبی چهره خواهد بود. نقاط شاخص آشکارسازی شده از نمای جانبی چهره بر روی نمونه‌ای از تصاویر در شکل (۷) نشان داده شده است.

پس از استخراج ۹ نقطه شاخص از نمای جانبی چهره، به منظور کاربرد در جراحی رینوپلاستی، آنتروپومتری‌های توضیح داده شده در بخش ۱، اندازه‌گیری می‌شوند، نمونه‌ای از این آنالیز در شکل (۸) نشان داده شده است.

که نقاط سابنال، خط بالایی و پایینی لب از نمای روبه‌روی چهره با مختصه y دارای همان مختصه از نمای جانبی چهره باشند، به‌منظور پیداکردن این نقاط مختصه از نمای روبه‌روی چهره از مدل کانتور فعال [۲۶] استفاده شده است. همچنان با توجه به این که مختصه y خط عبوری از گلابلا از نمای جانبی چهره عبور می‌کند، در مرحله بعدی گام یک الگوریتم پیشنهادی، با استفاده از مدل LGDF کانتور ناحیه عنبیه چشم را استخراج کرده و مختصه مرکز مردمک چشم را به دست می‌آوریم. در گام دو الگوریتم پیشنهادی، به‌منظور استخراج کانتور نمای جانبی چهره با استفاده از مدل LGDF، ابتدا به خاطر بهتر دیده شدن لبه‌های کانتور از زمینه تصویر، تصویر را به فضای نگاتیو تبدیل کرده، و کانال دوم این فضا که باعث می‌شود نور معکس شده از سطحی با پوشش بنفس خالص شامل رنگ سبز نباشد [۳۲] را به عنوان ورودی برای مدل LGDF انتخاب می‌کنیم. نحوه استخراج کانتور نمای جانبی چهره با استفاده از مدل LGDF در شکل (۵) نشان داده شده است.

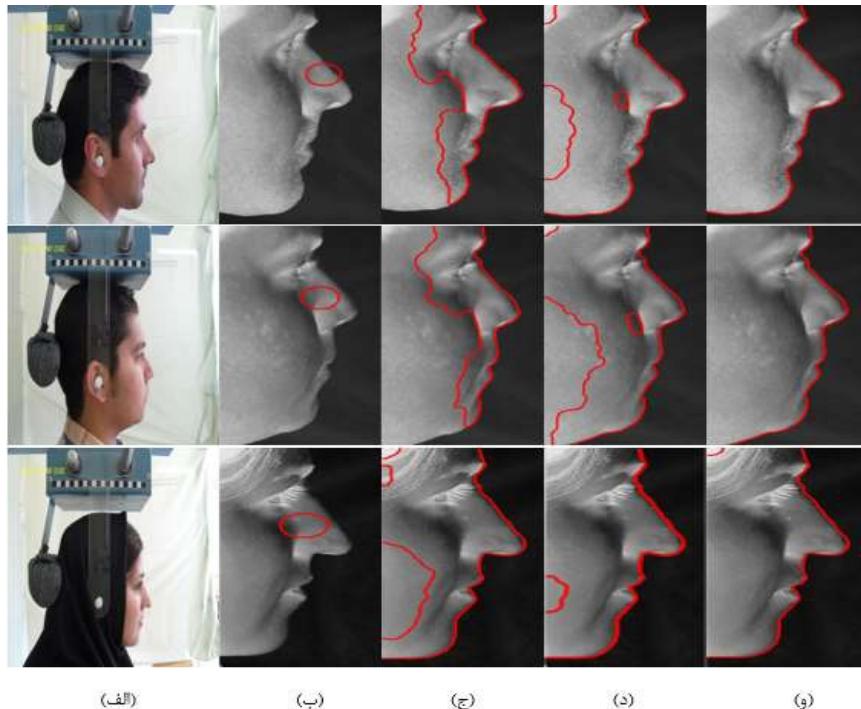


(شکل-۴): نمودار جعبه‌ای الگوریتم پیشنهادی برای سامانه جراحی رینوپلاستی

(Figure-4): Block diagram of proposed algorithm for Rhinoplasty surgery system

پس از استخراج کانتور نواحی بینی و دهان با استفاده از [۲۶]، مختصات نقاط سابنال، قسمت بالایی، میانی و پایینی دهان از نمای روبه‌روی چهره را از طریق قسمت کمینه و بیشینه کانتور استخراج شده به دست می‌آوریم. پس از استخراج کانتور نمای جانبی چهره، آشکارساز گوشه هریس<sup>۱</sup> [۳۳] را به کانتور استخراج شده از نمای جانبی چهره اعمال می‌کنیم. با توجه به ویژگی متعامد بودن

<sup>۱</sup> Harris Corner Detector



(شکل-۵): استخراج کانتور نمای جانبی چهره. (الف): تصویر اصلی، (ب): کانتور اولیه، (ج): تکرار مرحله ۲۰۰، (د): تکرار مرحله ۴۰۰، (و): تکرار مرحله ۱۸۰۰.

(Figure-5): Facial contour extraction from lateral view. (A): Original image, (B): Initial contour, (C): Iteration 200, (D): Iteration 400, (E): Iteration 1800.

$$\begin{cases} B_y = \max(Y) \\ B_x = X(\text{local}(B_y)) \\ \text{if } \text{numel}(B_x) > 1 \rightarrow B_x = \max(B_x) \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} C_x = \min(X) \\ C_y = Y(\text{local}(C_x)) \\ \text{if } \text{numel}(C_y) > 1 \rightarrow C_y = \max(C_y) \end{cases} \quad (26)$$

جهت محاسبه زاویه لاله گوش با استخوان ماستوئید در پشت آن، ابتدا باید قسمت لوبل ( نقطه D ) را به دست آوریم. برای این منظور طول گوش را به چهار قسمت تقسیم کرده و مختصات نقطه مورد نظر را از قسمت  $\frac{1}{4}$  انتهایی به صورت زیر به دست می آوریم:

$$\begin{cases} D_x = \max(X) \\ D_y = Y(\text{local}(D_x)) \\ \text{if } \text{numel}(D_y) > 1 \rightarrow D_y = \max(D_y) \end{cases} \quad (27)$$

همان طوری که در شکل (۱۱) نیز نشان داده شده است، پس از آشکارسازی چهار نقطه شاخص از نمای روپروری ناحیه گوش، آنالیز آنتروپومتری گوش شامل: طول، عرض و زاویه خارجی گوش جهت جراحی اتوپلاستی انجام می شود.

### ۳-۲- سامانه جراحی اتوپلاستی

به منظور اندازه گیری طول، عرض و زاویه خارجی گوش، جهت آنالیز در جراحی اتوپلاستی نیازمند آشکارسازی چهار نقطه شاخص از ناحیه گوش هستیم. الگوریتم پیشنهادی برای آنالیز آنتروپومتری ناحیه گوش در شکل (۹) نشان داده شده است.

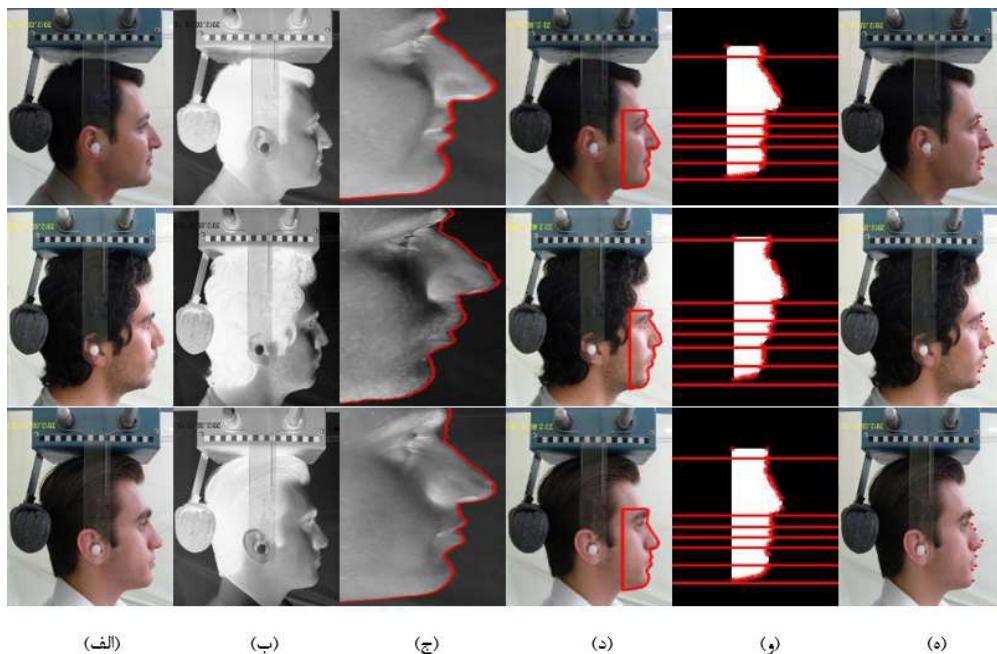
به منظور حرکت کانتور اولیه به سمت لبه های خارجی ناحیه گوش و استخراج کانتور آن، ابتدا پس زمینه تصویر را با استفاده از عملیات مورفولوژیکی بازشدنی تقریب زده و سپس کanal نخست فضای نگاتیو را از پس زمینه تصویر کم کرده، و خروجی این فرآیند را به عنوان تصویر ورودی برای مدل LGDF به کار می بردیم. پس از استخراج کانتور ناحیه گوش، شکل (۱۰)، به منظور استخراج نقاط کلیدی، گوشه یاب هریس را به ناحیه کانتور استخراج شده اعمال می کنیم. از بین نقاط به دست آمده از طریق گوشه یاب هریس، مختصات چهار نقطه (A,B,C,D) را به صورت زیر به دست می آوریم:

$$\begin{cases} A_y = \min(Y) \\ A_x = X(\text{local}(A_y)) \\ \text{if } \text{numel}(A_x) > 1 \rightarrow A_x = \min(A_x) \end{cases} \quad (28)$$

فصلنامه

$new\_contour = lateral\_contour(Glabella\_Line:Nose\ Tip\ Line)$ $(x,y) = \text{use Harris corner detector for } new\_contour$ $X_{Nasion} = \min(x)$ $local(X_{Nasion}) = \text{find}(x = X_{Nasion})$ $Y_{Nasion} = y(local(X_{Nasion}))$ $\text{if } \text{numel}(Y_{Nasion}) > 1$ $Y_{new\_Nasion} = \max(Y_{Nasion})$ $\text{end}$	$y = y_{Harris\ detector} \text{ and } y_{new} = Y_4 < y < Y_5$ $x = x_{Harris\ detector} \text{ and } x_{new} = x(local(y_{new}))$ $X_{SM} = \min(x_{new})$ $local(X_{SM}) = \text{find}(x_{new} = X_{SM})$ $Y_{SM} = y_{new}(local(X_{SM}))$ $\text{if } \text{numel}(Y_{SM}) > 1$ $Y_{new\_SM} = \max(Y_{SM})$ $\text{end}$
(ب)	(الف)

(شکل-6): اسخراج نقاط شاخص SM و Nasion از نمای جانبی چهره.  
(Figure-6): Extraction of SM and Nasion landmarks from facial lateral view.

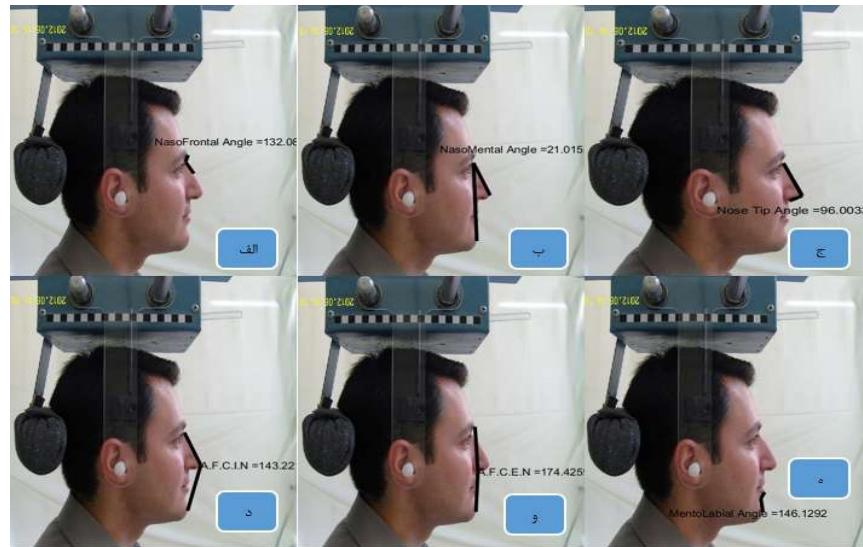


(شکل-7): استخراج نقاط شاخص نمای جانبی چهره. (A): تصویر اصلی، (B): کanal دوم فضای نگاتیو، (C): استخراج کانتور با استفاده از مدل LGDF، (D): تطبیق کانتور استخراج شده و مجموعه سطح اولیه بر روی تصویر اصلی، (E): اعمال گوشیاب هریس بر روی کانتور استخراج شده، (F): آشکارسازی نقاط شاخص.

(Figure-7): Facial landmarks extraction from lateral view. (A): Original image, (B): The second channel of negative space, (C): Contour extraction with LGDF model, (D): Match of extracted contour and initial level set on the original image, (E): Enforcement of Harris Corner Detector to the extracted contour, (F): Landmarks detection.

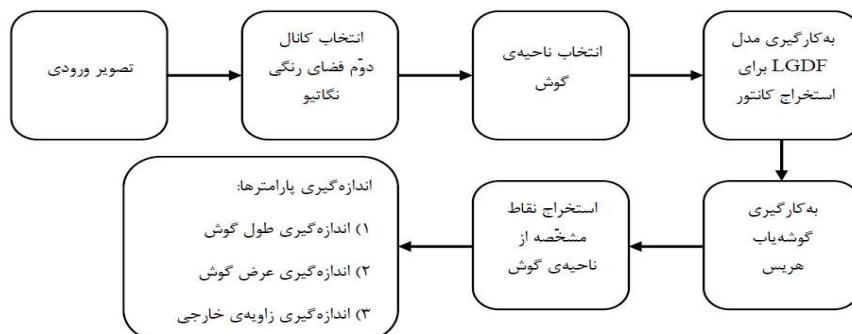
شدند. در مرحله بعد از استخراج کانتور، به کانتور استخراج شده در هر سامانه، گوشیاب هریس اعمال شد و سرانجام نقاط شاخص موردنظر آشکارسازی شدند. در این پژوهش با آشکارسازی سیزده نقطه شاخص، دو سامانه به ترتیب برای جراحی‌های رینوپلاستی و اتوپلاستی طراحی شدند.

جهت اندازه‌گیری متريک‌های نمای جانبی چهره و نمای رو به روی گوش، نخستین قدم استخراج کانتور اين نواحي بود. روش ارائه شده برای اين منظور، باید به غيریکنواختی تصویر حساس نباشد. به همین دليل، به منظور استخراج کانتور نواحي يادشده از مدل LGDF استفاده شد. در گام بعدی سامانه‌های طراحی شده، نواحي موردنظر به عنوان مجموعه سطح اولیه، برای مدل LGDF انتخاب



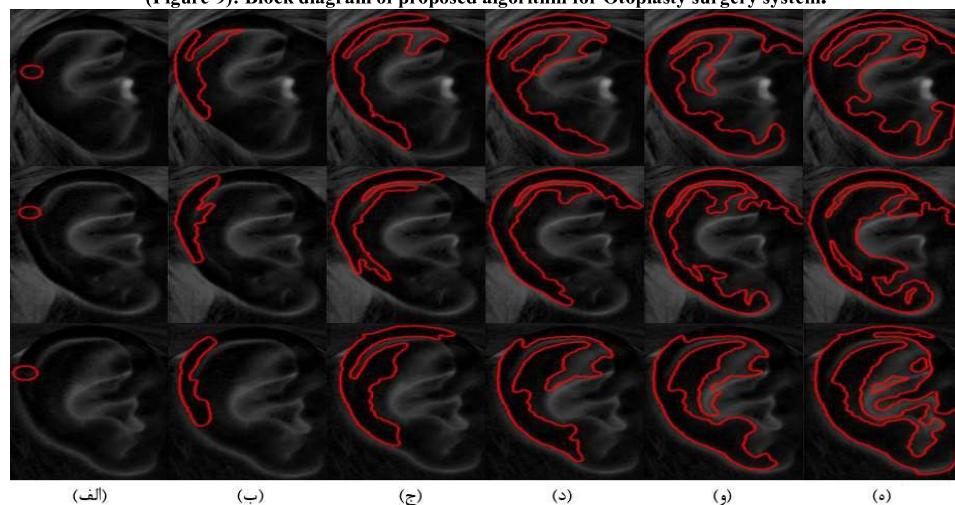
(شکل-۸): نتیجه الگوریتم پیشنهادی برای سامانه جراحی رینوپلاستی. (الف): زاویه نازوفرونتال، (ب): زاویه نازومنتال، (ج): زاویه نوک بینی، (د): زاویه تقرع چهره شامل بینی، (ه): زاویه تقرع چهره بدون بینی، (ه): زاویه منتولابیا.

(Figure-8): Result of proposed algorithm for Rhinoplasty surgery system. (A): Nasofrontal Angle, (B): NasoMental Angle, (C): Nose Tip Angle, (D): Convexity of including nose, (E): Convexity of excluding nose, (F): Mentolabial Angle.



(شکل-۹): بلوک دیاگرام الگوریتم پیشنهادی برای سامانه جراحی اوتوبلاستی.

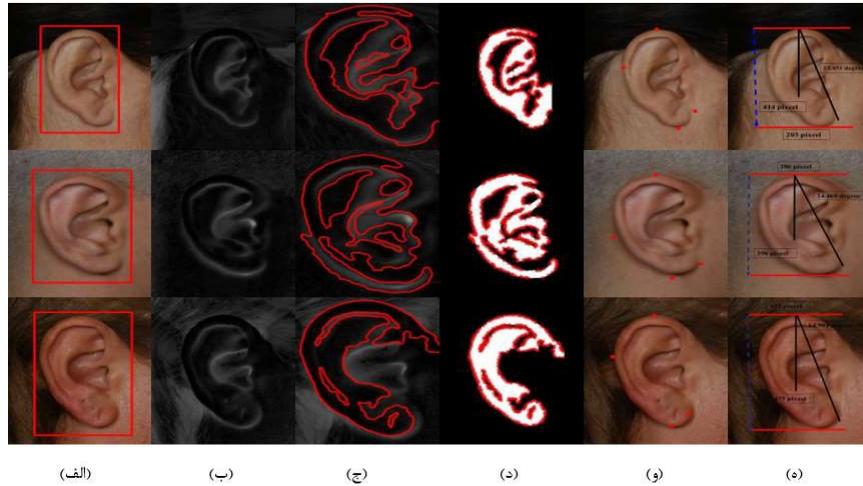
(Figure-9): Block diagram of proposed algorithm for Otoplasty surgery system.



(شکل-۱۰): نمایی از نحوه استخراج کانتور ناحیه گوش بر روی پایگاه داده AMI. (الف): کانتور اولیه، (ب): تکرار ۴۰۰، (ج): تکرار ۸۰۰، (د): تکرار ۱۲۰۰، (ه): تکرار ۱۶۰۰، (ه): تکرار ۲۰۰۰.

(Figure-10): An overview of contour extraction of the ear area for AMI data. (A): Initial contour, (B): Iteration 400, (C): Iteration 800, (D): iteration 1200, (E): Iteration 1600, (F): Iteration 2000.

الگوریتم پیشنهادی را با نتایج به دست آمده به صورت دستی مقایسه کردایم. اندازه‌گیری دستی یک استاندارد طلایی بوده و نشان‌دهنده بهترین اندازه‌گیری قابل دسترس در شرایط معقول است. بهمنظور مشخص کردن خطأ و درستی برای الگوریتم پیشنهادی از رابطه (۲۸) استفاده می‌کنیم:

$$E = \frac{|\varphi_m - \varphi_{pa}|}{\varphi_m} \times 100 \quad \text{and} \quad V = 100 - E \quad (28)$$


(شکل-۱۱): اندازه‌گیری پارامتر گوش بر روی پایگاه داده AMI. (الف): انتخاب سطح اولیه، (ب): نحوه حذف پس زمینه تصویر، (ج): استخراج کانتور، (د): اعمال گوشه‌بای هریس به کانتور استخراج شده، (و): استخراج نقاط شاخص مهم گوش، (ه): آنالیز آنتروپومتری گوش.  
(Figure-11): Measurement of ear parameters for AMI data. (A): Initial level set selection, (B): How to remove the image background, (C): Contour extraction, (D): Enforcement of Harris Corner Detector to extracted contour, (E): Extraction of ear important landmarks, (F): Ear anthropometry analysis.

مشخص توسط متخصصین می‌تواند تشخیص دقیق‌تری را از طبیعی و غیرطبیعی بودن متريک‌های چهره، تقارن و تناسبات طبیعی موجود در چهره، انجام داده و متناسب با آن طرح درمان مناسب‌تری نیز ریخته شود. مطابق با جدول (۳)، دقت الگوریتم پیشنهادی در سامانه‌ی جراحی رینوپلاستی در تمامی متريک‌ها بالای ۹۰٪ است، و اين سامانه می‌تواند در آنالیز آنتروپومتری چهره در قبل و بعد عمل جراحی رینوپلاستی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مطابق با جدول (۴)، دقت الگوریتم پیشنهادی در سامانه‌ی جراحی اتوپلاستی برای اندازه‌گیری طول، عرض و زاویه خارجی گوش به ترتیب ۹۶/۴۳٪، ۹۷/۴۲٪ و ۸۵/۵٪ بوده که اين سامانه نیز می‌تواند در آنالیز آنتروپومتری جراحی اتوپلاستی برای نمای روبروی گوش مورد استفاده قرار گیرد.

الگوریتم‌های پیشنهادی برای دو سامانه جراحی رینوپلاستی و اتوپلاستی بر روی یک سیستم AMD A10 با حافظه Ram 4GB با سرعت 3.4GHz و نرم‌افزار متلب 2015b انجام شده است.

#### ۴- نتایج پیاده‌سازی

الگوریتم ارائه شده جهت اندازه‌گیری متريک‌های نمای جانبی چهره جهت آنالیز در جراحی رینوپلاستی، شامل: زوایای نازوفرونтал، نازومنتال، نوک بینی، منتولابیال، نازولابیال، تقرع چهره شامل بینی، تقرع چهره بدون بینی و برای جراحی اتوپلاستی شامل: طول، عرض و زاویه خارجی گوش به کار گرفته شده است. نتایج به دست آمده با استفاده از

در رابطه (۲۸)،  $\varphi_m$  و  $\varphi_{pa}$  به ترتیب نشان‌دهنده زاویه اندازه‌گیری شده به صورت دستی و زاویه اندازه‌گیری شده با الگوریتم پیشنهادی است. E و V نیز به ترتیب نشان‌دهنده خطأ و درستی الگوریتم پیشنهادی است. میانگین این مقادیر برای سامانه رینوپلاستی و اتوپلاستی به ترتیب در جدول (۳) و جدول (۴) نشان داده شده‌اند. مقادیر کمینه، بیشینه، مقدار متوسط و انحراف معیار آنالیز آنتروپومتری برای دو سامانه موردنظر را به ترتیب در جدول (۱) و جدول (۲) نشان داده‌ایم. همان‌طوری که در جدول (۱) نیز نشان داده شده است، مطابق با محدوده زوایای یادشده در بخش نخست، میانگین زاویه نازوفرونтал با میانگین ۱۴۰/۵۵۸ درجه برای ۲۴ نمونه از تصاویر پایگاه داده دانشگاه صنعتی سهند تبریز، خارج از محدوده تعریف شده است. همچنین زوایای نوک بینی، تقرع چهره شامل بینی، منتولابیال و نازولابیال به ترتیب با میانگین مقادیر ۱۱۰/۹۳، ۱۴۲/۴۲۹، ۱۵۳/۲۷ و ۱۳۶/۴۵۷ درجه نیز مطابق با محدوده یادشده در بخش ۱، خارج از محدوده تعریف شده است. اندازه‌گیری این متريک‌ها در قبل و بعد عمل جراحی و مقایسه آن‌ها با استاندارهای

(جدول-۱): مقایسه نتایج به دست آمده برای الگوریتم پیشنهادی و اندازه گیری دستی بر حسب درجه برای سامانه رینوپلاستی.

(Table-1): Comparison of the obtained results for the proposed algorithm and manual measurement for Rhinoplasty surgery system.

زاویه اندازه گیری	اندازه گیری با الگوریتم پیشنهادی				اندازه گیری دستی			
	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
نازوفرونتال	۱۱۳/۶۱۶	۱۷۱/۲۳۳	۱۴۰/۵۵۸	۱۲/۷۴۳	۱۲۸/۷۹۳	۱۵۱/۳۴۲	۱۳۸/۴۶۱	۷/۳۰۹
نازومنتال	۱۳/۲۲۹	۲۶/۲۷۴	۲۲/۳	۳/۳۴۵	۱۷/۲۲۶	۲۷/۰۴۸	۲۳/۱۳۴	۲/۷۴۷
نوك بینی	۹۵/۵۳۸	۱۲۹/۰۲	۱۱۰/۹۳	۱۰/۲۵۸	۹۸/۳۰۲	۱۱۸/۸۶	۱۰۷/۵۲	۶/۲۴۸
تقر چهره شامل بینی	۱۳۴/۹۶۴	۱۵۵/۳۳۴	۱۴۲/۴۲۹	۵/۲۸	۱۳۲/۷۵۶	۱۵۱/۰۰۳	۱۴۱/۴۵۷	۵/۱۶۵
تقر چهره بدون بینی	۱۵۸/۶۳	۱۷۹/۵۷۹	۱۶۹/۲۷۲	۵/۷۶۹	۱۶۲/۵۷	۱۷۹/۳۰۱	۱۷۰/۳۴۱	۴/۹۳۱
منتولامبیال	۱۲۹/۸۹	۱۷۸/۹۷	۱۵۳/۲۷	۱۴/۸۸۱	۱۳۴/۰۵۳	۱۶۴/۰۵۴	۱۴۸/۶۰۳	۸/۶۴۷
نازولامبیال	۱۰۵/۸۰۷	۱۶۲/۰۵۸	۱۳۶/۴۵۷	۱۶/۹۰۱	۱۱۵/۲۰۱	۱۴۱/۴۳۸	۱۳۰/۴۴۵	۸/۷۶۳

(جدول-۲): مقایسه نتایج به دست آمده برای الگوریتم پیشنهادی و اندازه گیری دستی بر روی پایگاه داده AMI برای سامانه اتوپلاستی.

(Table-2): Comparison of the obtained results for the proposed algorithm and manual measurement for the Otoplasty surgery system on the AMI dataset.

آنتروپومتری	اندازه گیری با الگوریتم پیشنهادی				اندازه گیری دستی			
	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
طول گوش بر حسب پیکسل	۳۳۷	۵۱۸	۴۳۱/۱۵۶	۴۰/۸۶۱	۳۰۶	۵۸۰	۴۶۲/۸۷۵	۵۲/۹۴۹
عرض گوش بر حسب پیکسل	۱۵۴	۳۰۷	۲۳۳/۹۳۷	۴۵/۷۹۱	۱۷۶	۲۹۴	۲۴۷/۶۲۵	۲۲/۵۹۲
زاویه خارجی گوش بر حسب درجه	۱/۶۸۸	۲۸/۱۹۳	۱۴/۶۶۴	۷/۰۸۹	۶/۲	۲۲/۳۱	۱۴/۴۹۶	۴/۴۰۴

(جدول-۳): مقدار بر به دست آمده برای خطأ و درستی الگوریتم پیشنهادی در سامانه رینوپلاستی.

(Table-3): Accuracy and error values for the proposed algorithm in the Rhinoplasty surgery system.

پارامتر	زاویه نازوفرونتال	زاویه نازومنتال	زاویه نوك بینی	زاویه تقر چهره شامل بینی	زاویه تقر چهره بدون بینی	زاویه منتولامبیال	زاویه نازولامبیال
دقت	۹۵/۰۵۳٪	۹۰/۱۲۱٪	۹۲/۶۵۷٪	۹۷/۸۳٪	۹۸/۱۹۸٪	۹۲/۶۴٪	۹۲/۶۶٪
خطا	۴/۹۴۶	۹/۸۷۸	۷/۳۴۲	۲/۱۶۶	۱/۸۰۱	۷/۲۵۹	۷/۲۳

(جدول-۴): مقدار بر به دست آمده برای خطأ و درستی الگوریتم پیشنهادی در سامانه اتوپلاستی.

(Table-4): Accuracy and error values for the proposed algorithm in the Otoplasty surgery system.

پارامتر	طول گوش	عرض گوش	زاویه خارجی گوش
دقت	۹۶/۴۳۲٪	۹۷/۴۲۳٪	۸۵/۵۴۶٪
خطا	۳/۵۶۸	۲/۵۷۷	۱۴/۴۵۴

حوادث و رسیدن به یک ساختار زیبا در چهره، جراحی‌های پلاستیکی افزایش چشم‌گیری را در جوامع داشته است. در این امر یکی از کارهای متخصصان این زمینه دانستن متربیک‌های موجود در نواحی چهره در قبیل و بعد عمل جراحی است. از نظر ساختاری و وجود نرم‌افزار، ابزارهای شبیه‌سازی در حوزه جراحی‌های چهره محدود هستند. بدیهی است که ارتباط متخصصان با ابزارهای شبیه‌سازی می‌تواند نتیجه مؤثرتری را در آنالیز جراحی داشته باشد. در

## ۵- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها

در این پژوهش گامی نو در عرصه پردازش تصویر در حوزه آنالیز جراحی‌های چهره برداشته شد. اهمیت آنالیز تصاویر چهره به دلیل کاربردهای فراوان آن در آنالیز جراحی‌های چهره، به طور قابل توجهی افزایش یافته است. چهره انسان نقش بسیار مهمی را در ظاهر شخص ایفا می‌کند؛ حتی کوچک‌ترین تغییر شکل در چهره انسان، به شدت بر روی ظاهر فرد تأثیر می‌گذارد. امروزه به دلیل مشکلات مادرزادی،

فصلنامه  
پژوهش  
پردازش تصویر

- Journal of Science and Research*, vol. 4, pp. 1473-1478, 2015.
- [6] M. Mun, and A. Deorankar, "Implementation of plastic surgery face recognition using multimodal biometric features". *Int. J. Comput. Sci. Inform. Technol*, vol. 5(3), 2014, pp. 3711-3715.
- [7] L. G. Farkas, M. J. Katic, and C. R. Forrest, "Comparison of craniofacial measurements of young adult African-American and North American white males and females". *Annals of plastic surgery*, vol. 59(6), 2007, pp. 692-698.
- [8] J. P. Porter and K. L. Olson, "Anthropometric facial analysis of the African American woman". *Archives of facial plastic surgery*, vol. 3(3), 2001, pp. 191-197.
- [9] J. P. Porter, "The average African American male face: an anthropometric analysis", *Archives of facial plastic surgery*, vol. 6(2), 2004, pp. 78-81.
- [10] L. G. Farkas, M. J. Katic and C. R. Forrest, "International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races", *Journal of Craniofacial Surgery*, vol. 16(4), pp. 615-646, 2005.
- [11] T. Ozkul, and M. H. Ozkul, "A study towards fuzzy logic-based assessment of nasal harmony of rhinoplasty patients", *Journal of the Franklin Institute*, vol. 343(4-5), 2006, pp. 329-339.
- [12] <https://www.seattlechildrens.org>.
- [13] K. Sinko, R. Jagsch, B. Benes, G. Millesi, F. Fischmeister, and R. Ewers, "Facial aesthetics and the assignment of personality traits before and after orthognathic surgery", *International journal of oral and maxillofacial surgery*, vol. 41(4), pp. 469-476, 2012.
- [14] P. M. Prendergast, "Facial Proportions," In *Advanced Surgical Facial Rejuvenation*, 2012, pp. 15-22.
- [15] S. Pattanaik and S. Pathuri, "Establishment of aesthetic soft tissue norms for Southern India population: A photogrammetric study". *Orthodontic Journal of Nepal*, vol. 4(1), pp. 29-35, 2014.
- [16] F. B. Naini, M. T. Cobourne, F. McDonald and D. Wertheim, "Aesthetic impact of the upper component of the nasolabial angle: a quantitative investigation", *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Medicine, and Pathology*, vol. 27(4), pp. 470-476. 2015.
- [17] C. Eliakim-Ikechukwu, A. Ekpo, M. Etika, C. Ihentuge, and O. Mesembe, "Facial aesthetic angles of the Ibo and Yoruba ethnic groups of Nigeria", *IOSR J Pharm Biol Sci*, vol. 5, pp. 14-17, 2013.

این پژوهش با ارائه سامانه‌ای برای دو جراحی پرکاربرد و مهم در کشور ایران بهنام‌های جراحی رینوپلاستی و جراحی اتوپلاستی، پلی میان حوزه پزشکی و مهندسی برداشته شد. با وجود اینکه سامانه‌های طراحی شده در آنالیز جراحی‌های چهره دارای محدودیت‌هایی هستند، ولی در آینده به کارگیری این ابزارها و سامانه‌ها گسترش خواهد یافت تا برنامه‌ریزی مناسب و دقیق‌تری قبل از عمل جراحی داشته باشیم. طراحی نرم‌افزاری بهمنظور گرفتن هم‌زمان سه تصویر متعامد چهره و مدیریت داده‌ها بر روی رایانه در ادامه کار مطرح است. همچنین سعی می‌شود از سامانه طراحی شده در مراکز درمانی جهت گرفتن داده‌های قبل و بعد از عمل جراحی بهره برد. براساس تصاویر متعامد گرفته شده از چهره می‌توان مدل سه‌بعدی آن را استخراج کرده و اندازه‌گیری پارامترهای چهره را بر روی مدل سه‌بعدی انجام داد. همچنین آنالیز جراحی‌های دیگر چهره از قبیل جراحی شکاف لب و سقف دهان و جراحی بلفاروبلاستی توسط سامانه طراحی شده می‌تواند مطرح باشد.

## ۶- مراجع

- [1] M. Shamsi, R. A. Zoroofi, C. Lucas, M. S. Hasanabadi, and M. R. Alsharif, "Automatic Facial Skin Segmentation based on EM Algorithm under Varying Illumination", *IEICE Transaction on Information and Systems*, vol. 91(5), pp. 1543-1551, 2008.
- [2] S. C. Matz, and R. J. de Figueiredo, "A nonlinear image contrast sharpening approach based on Munsell's scale", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 15(4), pp. 900-909, 2006.
- [۳] محمدی دشتی مینا، هارونی مجید، "آشکارسازی حالات لبخند و خنده چهره افراد بر پایه نقاط کلیدی محلی کمینه"، پردازش علائم و داده‌ها، ۱۳۹۷؛ ۱۵ (۲) : ۸۸-۶۹
- [3] M. Mohammadi Dashti, M. Harouni, "Smile and Laugh Expression Detection Based on Local Minimum Key Points", *JSDP*, vol.15 (2): pp.69-88, 2018.
- [4] S. Prabahar and K. U. K. Devi, "An optimistic approach for plastic surgery face recognition", *Journal of Research in Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3(3), pp. 38-43, 2014.
- [5] S. Roy, and S. K. Bandyopadhyay, "A Comparative Study between PCA and SOM for Plastic Surgery Face Recognition", *International*



- [29] L. Wang, L. He, A. Mishra and C. Li, "Active contours driven by local Gaussian distribution fitting energy", *Signal Processing*, vol. 89(12), pp. 2435-2447, 2009.
- [30] T. F. Chan and L. A. Vese, "Active contours without edges," *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 10(2), pp. 266-277, 2001.
- [31] [http://www.ctim.es/research\\_works/ami\\_ear\\_data\\_base/](http://www.ctim.es/research_works/ami_ear_data_base/).
- [32] M. Woods, R.G.a, "Digital image processing", Ed. 2nd, Prentice Hall. 2002.
- [33] W. Peng, X. Hongling, L.Wenlin and S. Wenlong, "Harris Scale Invariant Corner Detection Algorithm Based on the Significant Region", *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol. 9(3), pp. 413-420, 2016.



**علی فهمی جعفرقلخانلو دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی پزشکی-بیوالکتریک در سال ۱۳۹۴ سپری کرد. در سال ۹۴ برای دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی پزشکی-بیوالکتریک وارد دانشگاه صنعتی سهند تبریز شد. اکنون نیز به عنوان دانشجوی دکترا در رشته مهندسی پزشکی-بیوالکتریک در این دانشگاه مشغول به تحصیل است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان بازشناسی آماری الگو، شبکه های عصبی، پردازش تصاویر پزشکی، الگوریتم های فراابتکاری و آنالیز جراحی های چهره است. نشانی رایانمه ایشان عبارت است از:**

a\_fahmi@sut.ac.ir



**موسی شمسی مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را به ترتیب در سال های ۱۳۷۴ و ۱۳۷۸ در رشته های مهندسی برق-الکترونیک و مهندسی پزشکی-بیوالکتریک از دانشگاه تبریز و دانشگاه تهران و همچنین مدرک دکترای خود را در رشته مهندسی پزشکی-بیوالکتریک در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه تهران دریافت کردند. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان پردازش تصاویر پزشکی و سیگنال های حیاتی، شناسایی آماری الگو و الگوریتم های بهینه سازی بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی سهند تبریز با مرتبه دانشیاری هستند. نشانی رایانمه ایشان عبارت است از:**

shamsi@sut.ac.ir

- [18] E. B. Handler, T. Song and C. Shih, "Complications of otoplasty", *Facial Plastic Surgery Clinics*, vol. 21(4), 2013, pp. 653-662.

- [19] S. Stal, M. Klebuc and M. Spira, "An algorithm for otoplasty", *Operative Techniques in Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 4(3), 1997, pp. 88-103.

- [20] D. G. Becker, S. S. Lai, I. Schipor, and S. S. Becker, "Analysis in otoplasty". *Facial Plastic Surgery Clinics*, vol. 11(3), 2003, pp. 297-305.

- [21] Gutowski, K. A. "Grabb & Smith's Plastic Surgery", *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 120(2), 2007, pp. 570.

- [22] M. A. Bakhshali and M. Shamsi, "Estimating facial angles using Radon transform," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 23(3), pp. 804-812, 2015.

- [23] Bakhshali, M. A., Shamsi, M., and Golzarfar, A. "Facial color image enhancement for aesthetic surgery blepharoplasty". In *Industrial Electronics and Applications, IEEE Symposium*, 2012, pp. 351-354.

- [24] Le-Tien, T., and Pham-Chi, H. "An Approach for Efficient Detection of Cephalometric Landmarks", *Procedia Computer Science*, vol. 37, 2014, pp. 293-300.

- [25] تقیزاده حسن، حقیپور سیامک، " انجام آنالیزهای سفالومتری بر روی تصاویر سفالوگرام با استفاده از روش AAM "، کنفرانس ماشین بینائی و پردازش تصویر ایران، ۸، ۱۶۹-۱۷۳، زنجان، ۱۳۹۲

- [25] H. Taghizadeh and S. Haghighpour, "Perform Cephalometric Analysis on the Cephalogram Images with Active Appearance Model," *Iranian Machine Vision and Image Processing Conference*, vol. 8, 2013, pp. 169-173.

- [26] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models", *International journal of computer vision*, vol. 1(4), pp. 321-331, 1998.

- [27] M. B. Gharsallah and E. B. Braiek, "Automatic local Gaussian distribution fitting level set active contour for welding flaw extraction", In *Image Processing, Applications and Systems*, 2016, pp. 1-5.

- [28] C. Li, C. Xu, C. Gui and M. D. Fox, "Distance regularized level set evolution and its application to image segmentation", *IEEE transactions on image processing*, vol. 19(12), pp. 3243, 2010.

فصلنامی

سال ۱۳۹۹ شماره ۱ پیاپی ۴۳



**هوشنگ روحی** مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را بهترتب در سال های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۵ در رشته های فیزیک و فیزیک پزشکی از دانشگاه تبریز و دانشگاه تهران و همچنین مدرک دکترای خود را در گرایش فیزیک پزشکی در سال ۱۳۸۴ از دانشگاه Middle East ترکیه دریافت کردند. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان روش های تصویر برداری غیر خطی، پردازش تصویر، فیزیک محاسباتی و فیزیک پزشکی است. ایشان بیش از هجده سال سابقه تدریس در دانشگاه های ایران در رشته های فیزیک، بیوفیزیک و مهندسی پزشکی دارد.

نشانی رایانمه ایشان عبارت است از:  
[h.rohi@iauardabil.ac.ir](mailto:h.rohi@iauardabil.ac.ir)



