



تشخیص هویت انسان براساس ویژگی‌های دندان مبتنی بر تبدیل فوریه و کاهش فضای جستجو

فرایین آئینی^{*}، فریبرز محمودی^{*}

دانشکده برق، رایانه و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

faraein.aeini@qiau.ac.ir

mahmoudi@qiau.ac.ir

چکیده

هدف در دندان پزشکی قانونی، تشخیص هویت افراد براساس ویژگی‌های دندان آن‌ها است. در این مقاله روشی جدید برای تشخیص هویت فرد مرده، از روی تصاویر بایوتونیک دندان قبل و بعد از فوت او ارائه داده شده است. در این مقاله، مجموعه‌ای از ویژگی‌های سطح بالای دندان برای کاهش فضای جستجو پیشنهاد شده است. همچنین روشی جدید برای نمایش و نرمال‌سازی خط محیطی دندان ارائه داده شد. در این مقاله، از مقایسه‌ی تبدیل فوریه‌ی خط محیطی نرمال شده‌ی دندان در تصاویر قبل از مرگ و تصاویر پس از مرگ ذخیره شده در پایگاه داده، به منظور تشخیص هویت فرد استفاده شد. برای جستجو در پایگاه داده‌های بزرگ، مقایسه‌ی سلسله مراتبی دندان‌های هم‌شماره پیشنهاد شده است. نتایج عملی کار بر روی ۱۱۹ تصویر، توانایی و دقت روش پیشنهادی را در تشخیص هویت افراد براساس تصاویر بایوتونیک آن‌ها نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

تشخیص هویت با استفاده از ویژگی‌های دندان، تصاویر بایوتونیک دندان، نرمال‌سازی خط محیطی دندان، توصیفگر فوریه، دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان.

۱- مقدمه

تصاویری که بعد از مرگ گرفته می‌شوند PM^3 گفته می‌شود. تشخیص هویت براساس ویژگی‌های زیست‌شناختی دندان، با آنالیز و مقایسه‌ی رکوردهای دندانی PM و رکوردهای AM موجود در پایگاه داده انجام می‌شود. تاکنون مقالات کمی در رابطه با انطباق تصاویر دندان منتشر شده است. در مراجع [۲-۴] روش‌هایی برای قطعه‌بندی و انطباق خط محیطی دندان منتشر شده است. در این مقالات تفاوت بین تصاویر رادیوگرافی AM و PM با ترکیب فاصله بین خط محیطی دندان و شکل درمان دندان اندازه‌گیری شده است.

در [۵] روشی براساس الگوریتم ژنتیک برای ثبت تصاویر رادیوگرافی پیشنهاد داده شد. این روش مرحله‌ی پیش‌پردازش

مهم‌ترین امتیاز استفاده از ویژگی‌های زیست‌شناختی دندان در شناسایی افراد مرده، مربوط به زمانی است که ویژگی‌های زیست‌شناختی دیگر مثل عنیبیه، اثر انگشت و چهره قابل استفاده نباشد. ویژگی‌های دندان در حوادثی که اکثر بافت‌های بدن تغییر می‌یابند و یا از بین می‌روند، مثل تصادف شدید رانندگی، سقوط هواپیما، زلزله، جنایات شدید، حوادث حین کار، ... بدون تغییر باقی می‌مانند. تصاویر رادیوگرافی دندان اطلاعاتی مثل شکل تاج و ریشه، درمان‌های دندان مثل پرکردگی و پل^۱، ... را فراهم می‌کنند. به تصاویر رادیوگرافی که پیش از مرگ گرفته شده‌اند AM^۲ و

¹ Bridge

² Antemortem

³ Postmortem

(مثل زیست‌شناسی، انسان‌شناسی جسمانی و ...) نتایج خوبی را برای دسته‌بندی روش‌های مبتنی بر شکل مثل هواپیما، حشرات، فسیل‌ها، سلول‌ها نشان داده است [۸].

براساس مقایسات انجام شده در [۱۳]، بازیابی براساس فاصله مرکزی نتایج بهتری را ارائه می‌دهد، اما در [۱۴] ادعا کردند که نمایش خط محیطی براساس مختصات مختلط حساسیت کمتری نسبت به نویز دارد و نتایج قابل اعتمادتری را فراهم می‌کند. از آنجایی که تصاویر رادیوگرافی دندان همواره در معرض نویز قرار دارند، در این مقاله از توصیفگر فوریه براساس مختصات مختلط برای نمایش خط محیطی استفاده شد.

در حالت کلی، تصویر جستجو و تصاویر موجود در پایگاه داده می‌توانند اندازه‌های متفاوتی داشته باشند. بنابراین قبل از انطباق، باید از خط محیطی شکل هدف و اشکال موجود در پایگاه داده نمونه‌برداری کرد تا تعداد نقاط یکسانی داده، در اختیار داشته باشیم. برای استفاده‌ی آسان از تبدیل فوریه، معمولاً تعداد نقاط نمونه‌برداری شده، توانی از دو انتخاب می‌شود. فرآیند نمونه‌برداری نه تنها سایز اشکال را نرمال می‌کند، بلکه در هموارسازی^۶ شکل نیز تأثیرگذار است. هموارسازی، نویزهای موجود در خط محیطی شکل و بعلاوه جزئیات اندک موجود در خط محیطی را حذف می‌کند. برای نرمال کردن خط محیطی شکل، سه روش کلی وجود دارد: ۱- نمونه برداری تعداد نقاط برابر. ۲- نمونه برداری زاویه برابر. ۳- نمونه برداری براساس طول کمان برابر. در تمام روش‌های نرمال‌سازی، نقاطی از خط محیطی کل شکل انتخاب می‌شوند [۱۴].

در این مقاله، روشی جدید برای انطباق تصاویر بایوتونینگ دندان ارائه داده شد. در این کار، پس از قطعه‌بندی، به دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها براساس روش [۱۵] پرداخته شد. سپس با توجه به مجموعه‌ای از ویژگی‌های سطح بالای تصویر، مثل تعداد دندان‌ها، درمان‌های دندان و ... لیست تصاویر کاندید کاهش داده شد. در طول مرحله جستجو با مقایسه‌ی دندان‌های هم‌شماره، رتبه شابهت براساس تفاوت تبدیل فوریه خط محیطی نرمال شده در دو تصویر قبل و پس از مرگ محاسبه می‌شود.

هدف این مقاله، کاهش فضای جستجو و افزایش دقت در نتایج بازیابی است.

یکی از نوآوری‌های این مقاله استفاده از ویژگی‌های سطح بالا برای کاهش فضای جستجو و در نتیجه کاهش محاسبات است.

از دیگر نوآوری‌های این مقاله، نرمال‌سازی خط محیطی

تصاویر مورد نظر برای مقایسه را بهبود می‌بخشد. آن‌ها روشی براساس سطوح روشنایی، برای کاهش فضای جستجو ارائه دادند. از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پارامترهای تبدیل مناسب برای داشتن تشخیص بهتر شابهت استفاده کردند.

در [۶] روشی برای ثبت تصاویر رادیوگرافی دندان براساس ویژگی‌های هندسی خط محیطی دندان پیشنهاد شد. آن‌ها ناحیه دندان را تشخیص داده و با استفاده از روش آماری به کاهش زمان محاسبه پرداختند.

در [۷] روشی براساس تحلیل هندسی پیشنهاد شد. در الگوریتم آن‌ها، هر پیکسل از تصویر با استفاده از سیستم مختصاتی

Reference triangle بیان می‌شود.

در [۸] روشی خودکار برای ذخیره و بازیابی تصاویر دندان ارائه شد. در طول بازیابی، سیستم تصاویر قبل از مرگی را که شابهت بیشتری به دندان‌های موجود در تصویر جستجو دارند، براساس اندازه هاس درف^۱ بین خط محیطی دندان‌ها، بازیابی می‌کند.

در [۹] از استدلال فازی برای ثبت تصاویر پری‌اپیکال^۲ و پانورامیک^۳ استفاده شد. تکنیک ثبت، مجموعه‌ای از تبدیلات را برای نگاشت تصویر ورودی به تصویر مورد نظر تعریف می‌کند.

در [۱۰-۱۱] روشی برای ذخیره و جستجوی تصاویر پایگاه داده برای یافتن بهترین انطباق با تصویر بعد از مرگ ارائه شد. پس از قطعه‌بندی و جداکردن هر دندان از تصویر بایوتونینگ، مجموعه‌ای از بردارهای ویژگی برای هر دندان استخراج و در پایگاه ذخیره می‌شود. در طول جستجو نمونه شابهتی براساس فاصله بین بردارهای تصاویر دندان قبل و بعد از مرگ ایجاد می‌شود.

در [۱۲] از الگوریتم سلسله مراتبی سطوح روشنایی برای انطباق تصاویر رادیوگرافی دندان شد.

خط محیطی دندان یکی از مهمترین ویژگی‌هایی است که می‌تواند باعث تشخیص تفاوت میان دندان‌ها شود. تبدیل فوریه، یکی از رایج‌ترین تکنیک‌ها برای آنالیز و توصیف شکل است، که به طور کلی به کلاسی از روش‌ها اشاره دارد. بنابراین با روش‌های مختلفی می‌توان خط محیطی شکل را بیان نمود. رایج‌ترین روش‌های توصیف شکل، بصورت زیر هستند:

تابع زاویه‌ای متراکم^۴، فاصله مرکزی^۵، نمایش مختصات مختلط و توصیف انحنا. توصیفگر فوریه خط محیطی در علوم زیستی

¹ Hause Dorff

² Periapical

³ Panoramic

⁴ Cumulative angular function

⁵ Centroid distance

⁶ smoothing

۳- دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها

اگر بتوان مقایسه‌ی میان دندان‌ها را به مقایسه‌ی دندان‌های هم‌شماره محدود کرد، فضای جستجو کاهش و قدرت سیستم تشخیص هویت افزایش پیدا خواهد کرد. در این مقاله از روش [۱۵]، برای دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها استفاده شد، که با تعیین عرض مزودیستال^۱ طوق آغاز می‌شود.

خط طوق، خطی در حد فاصل مینا و سمان است. خطی است که تاج آناتومیک را از ریشه آناتومیک جدا می‌کند. منظور از مزیال^۲، سطحی از دندان است که به خط وسط، نزدیک‌تر است. منظور از دیستال^۳، سطحی است که از خط وسط دندان دورتر است. تاج تمام دندان‌ها در مرز تاج و ریشه کمترین عرض را دارا هستند و در عین حال ریشه‌ها در ناحیه‌ی طوق پهن‌تر و بطرف انتهایی ریشه باریک‌تر می‌شوند و تقریباً در $\frac{1}{3}$ ابتدایی ریشه، عرض ثابتی دارد [۱]. ما در [۱۵] از مورفولوژی دندان برای محاسبه‌ی مکان و اندازه‌ی عرض مزودیستال طوق استفاده نمودیم، یعنی:

$$\text{Mesiodistal Neck}[i] = \text{Max}(y_i) - \text{Min}(y_i) \quad (1)$$

$$1 \leq i \leq \text{max row}$$

که i بیانگر سطر خط محیطی دندان، $\text{Max}(i)$ و $\text{Min}(i)$ بیشترین و کمترین ستون از خط محیطی در سطر i است. این عرض‌ها از تاج به سمت ریشه مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به مورفولوژی دندان خطی که کمترین عرض را نسبت به عرض‌های قبل از خود دارد و نسبت به عرض‌های بعد از خود تقریباً ثابت بوده و یا با شیب کمی تغییر کند، بعنوان عرض مزودیستال طوق در نظر گرفته می‌شود. بنابراین عرض مزودیستال طوق بیشترین توالی را در میان عرض‌های دیگر دارد. مکان دقیق عرض مزودیستال در مراحل استخراج ویژگی تأثیر مهمی خواهد داشت.

سپس از نسبت عرض مزودیستال طوق دندان‌های یک فک برای دسته‌بندی استفاده شد. بعد از برچسب‌گذاری دندان‌های آسیاب بزرگ به M^4 و آسیاب کوچک به P^5 ، براساس ترتیب دندان‌ها در فک‌ها و با توجه به تعداد و نوع دندان‌های کشیده که با روش [۱۵] تعیین گردید، شماره‌ای منحصر به فرد براساس شماره‌گذاری رایج در دندان‌پزشکی به هر دندان نسبت داده می‌شود.

دندان با توجه به بخش‌های تأثیرگذارتر خط محیطی، برای مقایسه‌ی دندان‌های هم‌شماره است. در این کار با بلاک‌بندی دندان و بررسی درصد وجود ناحیه دندان در بلاک‌های متناظر تصویر جستجو و تصویر مورد مقایسه، خط محیطی دندان به دو بخش تقسیم می‌شود. به هر بخش با توجه به میزان نمایش اختلاف میان دندان‌های مورد مقایسه، ضریبی برای انتخاب نقاط خط محیطی از آن بخش اختصاص داده می‌شود. با این کار، سعی شد تا بخش‌هایی از خط محیطی دندان که تأثیر بیشتری در تشخیص تفاوت میان دندان‌ها دارند را یافته و براساس ضریب، نقاط را از میان خط محیطی این بلاک‌ها انتخاب کرد.

برای جستجو در پایگاه داده‌های بزرگ، بجای مقایسه‌ی تصویر جستجو با تمام تصاویر موجود در پایگاه داده، مقایسه‌ی سلسله مراتبی دندان‌های هم‌شماره، پیشنهاد شد. ادامه‌ی این مقاله بصورت زیرسازمان یافته است: در بخش ۲ توضیح مختصری در رابطه با قطعه‌بندی دندان داده می‌شود. در بخش ۳ نحوه‌ی دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها ارائه شده، در بخش ۴ روش پیشنهادی جهت تشخیص هویت فرد مرده شرح داده می‌شود. در بخش ۵ نتایج عملی روش پیشنهادی آورده شده و بخش ۶ به جمع‌بندی روش پیشنهادی و کارهای آینده می‌پردازد.

۲- استخراج خط محیطی دندان

هدف از مرحله‌ی قطعه‌بندی مشخص نمودن ناحیه‌ی هر دندان در تصویر رادیوگرافی است. تصاویر دندان ممکن است کیفیت ضعیف، کنتراست پایین و پرتودهی متغیری داشته باشند که موجب پیچیدگی عمل قطعه‌بندی می‌شوند. تصاویر رادیوگرافی دندان شامل سه ناحیه‌ی متفاوت است: ناحیه‌ی بافت‌های نرم و زمینه که پایین‌ترین شدت روشنایی را دارا هستند. ناحیه‌ی استخوان‌ها با مقادیر شدت روشنایی متوسط و دندان‌ها که بالاترین مقادیر شدت روشنایی را دارند. در بسیاری از تصاویر، شدت روشنایی ناحیه‌ی استخوان نزدیک به شدت روشنایی ناحیه دندان است، که موجب اشکال در استفاده از یک مقدار آستانه برای قطعه‌بندی تمام تصاویر می‌شود. در این کار از روش قطعه‌بندی ارائه شده در [۱۰] و آنالیز اجزاء متصل با ۸ همسایگی، برای استخراج خط محیطی هر دندان استفاده شد. فرض شده که خط محیطی دندان باز است، بنابراین نقطه‌ی آغازین خط محیطی در نمایش مهم است. خط محیطی هر دندان از تصاویر موجود در پایگاه داده و تصویر جستجو با توجه به تکنیک نمونه برداری نقاط یکسان، با تعداد نقاط برابر نشان داده می‌شود.

¹ mesiodistal

² mesial

³ distal

⁴ Molar

⁵ Premolar

$$\theta = \begin{cases} T_i & i=1 \\ \frac{1}{2}(T_{i-1}+T_i) & 2 \leq i \leq n_j \\ T_{i-1} & i=n_j \end{cases} \quad (2)$$

که T_i زاویه بین خط عمودی و خط جدا کننده‌ی دندان‌ها است که در مرحله‌ی جداسازی دندان‌ها بدست می‌آید و n_j حداکثر تعداد دندان در یک فک است. برای هر ناحیه مستطیلی شامل یک دندان^۱ در فک بالا و یا پایین، محوری در گوشه‌ی بالا سمت راست یا بالا سمت چپ انتخاب کرده، در صورتیکه $\theta_i > 0$ باشد، تصویر به اندازه‌ی قدرمطلق θ_i در خلاف جهت عقربه‌های ساعت، و در صورتیکه $\theta_i < 0$ به اندازه قدرمطلق θ_i در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده می‌شود.

برای مستقل از مقیاس نمودن تصاویر دندان، تمامی تصاویر براساس یکسان‌سازی عرض مزبودیستال طوق دندان‌های هم‌شماره نرمال شده‌اند. بنابراین تفاوت‌های باقیمانده در اندازه تاج دندان‌ها مربوط به تفاوت ذاتی دندان‌ها است.

پس از این تنظیمات، نزدیک‌ترین مستطیل اطراف تمام دندان‌ها، که در بخش قطعه‌بندی بدست آمده را بدون تغییر در اندازه‌ی دندان‌ها، هم‌سایز می‌کنیم. هر دندان بنحوی در این ناحیه جدید قرار می‌گیرد که چپ‌ترین نقطه از خط محیطی دندان به ضلع چپ این مستطیل چسبیده باشد. با اینکار تعداد پیکسل‌های موجود در ناحیه‌ی مشخص کننده‌ی هر دندان نیز برابر خواهد شد.

۲-۴- کاهش فضای جستجو

در بررسی تصاویر بایتونینگ به منظور تعیین هویت، ویژگی‌های سطح بالایی وجود دارد که قبل از بررسی دندان به دندان تصاویر، می‌توان تعداد تصاویر کاندید برای تطابق را کاهش داد. به این ترتیب زمان جستجو کاهش و دقت سیستم افزایش می‌یابد. این ویژگی‌ها بصورت زیر لیست شده اند:

- **بررسی دندان شکسته** : در صورتیکه در تصویر قبل از مرگ دندان شکسته‌ای وجود داشته باشد، دندان هم‌شماره با آن در تصویر بعد از مرگ می‌تواند بصورت شکسته، درمان شده و یا کشیده شده باشد. برای تشخیص شکستگی در تاج دندان از روش پیشنهادی در [۱۵] استفاده شد.

- **دندان پر شده** : در صورتی که دندانی در تصویر قبل از مرگ پر شده باشد، دندان هم‌شماره با آن در تصویر بعد از مرگ می‌تواند پر شده، مصنوعی و یا کشیده شده باشد. باید به تناسب میزان پرکردگی دندان قبل و پس از مرگ نیز توجه نمود.

برای بررسی تشابه پرکردگی از روش ارائه شده در [۲۲] استفاده شد. در این روش تنها معیار برای تشخیص هویت،

۴- روش پیشنهادی

در این بخش ابتدا روش پیشنهادی در رابطه با تراز نمودن دندان‌ها را بیان می‌نماییم.

روش پیشنهادی در رابطه با انطباق دندان‌ها شامل دو مرحله اصلی بصورت زیر است، که در ادامه با جزئیات بیان می‌شود:

۱- کاهش فضای جستجو با توجه به ویژگی‌های سطح بالای دندان.

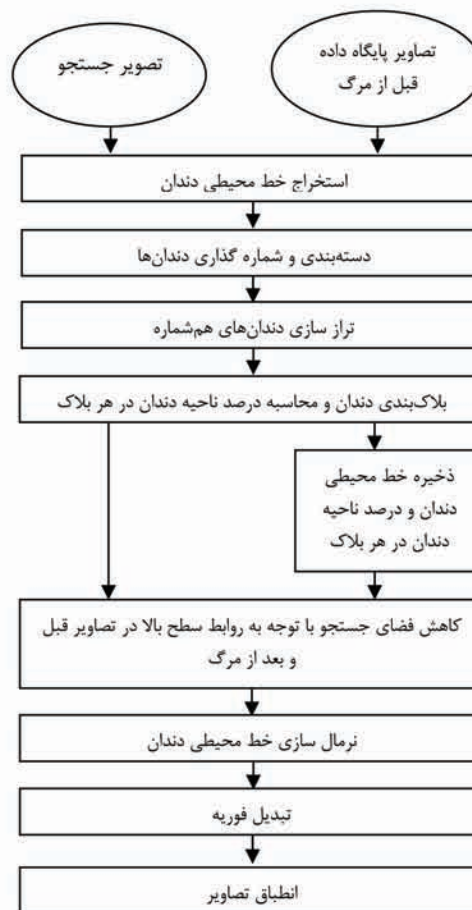
۲- مقایسه دندان به دندان تصاویر قبل و بعد از مرگ.

بعلاوه، روشی نیز برای جستجو در پایگاه داده‌های بزرگ ارائه شده است.

در شکل ۱ نمودار کلی روش پیشنهادی آورده شده است.

۴-۱- تراز سازی دندان‌ها

در این مرحله دندان‌های هم‌شماره از نظر زاویه و بزرگنمایی یکسان می‌شوند. برای محاسبه زاویه کج شدگی در هر دندان از روش ارائه شده در [۲۱] بصورت زیر استفاده شد:



شکل ۱. نمودار کلی روش پیشنهادی

¹ Region of Interest (ROI)

۳-۴- نرمال سازی خط محیطی دندان

روش پیشنهادی برای نرمال سازی خط محیطی دندانها، بلاک بندی هر دندان به منظور تشخیص قسمت های تأثیر گذار تر خط محیطی دندان برای مقایسه کاراتر دندان های هم شماره است.

در این مقاله بجای انتخاب N نقطه با فاصله های برابر از تصویر تراز شده، پیشنهاد داده شد که بخش هایی که باعث ایجاد اختلاف در دندانها می شود را یافته و براساس ضرابی، انتخاب نقاط از بخش های مختلف دندان انجام شود.

برای این منظور، هر یک از تصاویر تراز شده، به بلاک های 8×8 بدون هم پوشانی تقسیم و درصد وجود ناحیه دندان در هر بلاک بعنوان ویژگی محاسبه می شود. براساس توزیع پیکسل های دندان در بلاک های متناظر بین تصویر جستجو و تصاویر پایگاه داده، خط محیطی دندان به دو بخش تقسیم می شود. بخش اول، خط محیطی مربوط بلاک هایی که تفاوت درصد ناحیه دندان در بلاک های متناظر بین تصویر جستجو و تصویر پایگاه داده بیشتر از حد آستانه است و بخش دیگر بلاک هایی که تفاوت درصد در آنها کمتر از حد آستانه است.

فرض کنید می خواهیم n نقطه از کل خط محیطی نمونه برداری شود. برای این منظور، ابتدا تعداد پیکسل های روی خط محیطی هر بخش محاسبه می شود.

با آزمایش بر روی ۱۱۹ تصویر رادیوگرافی دندان، مقدار آستانه 0.3 در نظر گرفته شد و برای پیکسل هایی که در بخش تأثیر گذار خط محیطی قرار دارند $\frac{3}{2}$ برابر پیکسل های بخش دیگر، اهمیت قائل می شویم.

با توجه به نسبت تعداد پیکسل های خط محیطی هر بخش به تعداد پیکسل های کل خط محیطی و ضریب اهمیت هر بخش، از هر بخش نمونه برداری می شود. فاصله ی بین دو نقطه ی متوالی در هر بخش با توجه به نسبت $\frac{L}{K}$ تعیین می شود، که L تعداد نقطه ی موجود در خط محیطی هر بخش و k تعداد نقطه ی نمونه برداری از آن بخش است.

۴-۴- تبدیل فوریه

برای مقایسه تصاویر از توصیفگر فوریه خطوط محیطی استفاده شد که در عین پیاده سازی ساده این روش، اطلاعات خط محیطی در چند ضریب اولیه متمرکز می شود.

برای این منظور ابتدا خط محیطی دندان بصورت سیگنال مختلط $u(n)$ ، براساس مختصات $x(n)$ و $y(n)$ هر پیکسل از خط محیطی نرمال شده، تعریف می شود:

$$u(n) = x(n) + j(y(n)) \quad (3)$$

نحوه ی عملکردی دندانها است و بر روی تصاویر پانورامیک اعمال می شود. برای این منظور ابتدا بخش های عملکردی را قطعه بندی نموده و کدی از اطلاعات ترمیم شامل مکان ترمیم (فک بالا یا پایین)، سایز و فاصله ی عملکردی ها ایجاد می شود. سپس از این کد برای بررسی انطباق عملکردی ها استفاده خواهد شد. از آنجایی که هدف ما در اینجا، تنها کاهش فضای جستجو است، از بخش محاسبه ی سایز عملکردی این روش، که روش ساده ای است، استفاده می کنیم.

در هر دندان ناحیه ی ترمیم شده روشن ترین بخش از دندان است. بنابراین ناحیه ی عملکردی، دندان کاشته شده، دندان های روکش شده و یا دندان مصنوعی را می توان با آستانه گیری از بخش های دیگر دندان جدا نمود. چون در بخش تراز نمودن تصاویر، ناحیه ی دندان های هم شماره را هم سایز نمودیم، سایز ناحیه ی عملکردی را می توان بصورت درصد تعداد پیکسل های ناحیه ی عملکردی به تعداد پیکسل های کل تصویر بیان نمود.

واضح است که دو تصویر دارای عملکردی دندان در صورتی می توانند منطبق باشند که درصد ناحیه ی عملکردی در تصویر پس از مرگ بزرگتر یا مساوی درصد ناحیه ی عملکردی در تصویر قبل از مرگ باشد.

- بررسی دندان کاشته شده : در صورتی که دندان در تصویر قبل از مرگ کاشته شده باشد، در تصویر بعد از مرگ می تواند بصورت کاشته شده وجود داشته باشد یا دندان در آن مکان وجود نداشته باشد.

- بررسی دندان مصنوعی پل : برای تشخیص دندان پل باید دندان های کناری آن را نیز بررسی نمود. تاج دندان های کناری باید بصورت روکش شده و ریشه بصورت طبیعی باشد. در مکان دندانیه که پل گذاشته شده تاج بصورت روکش شده دیده می شود اما در قسمت ریشه، تنها استخوان وجود دارد که با آستانه گیری ساده قابل تشخیص است.

در صورتیکه در تصویر قبل از مرگ پل دیده شود، در تصویر بعد از مرگ انتظار می رود در آن مکان پل وجود داشته باشد و یا بصورت کشیده شده دیده شود.

- بررسی دندان کشیده : در صورتی که دندانیه در تصویر قبل از مرگ کشیده شده باشد، دندان متناظر در تصویر بعد از مرگ می تواند کشیده شده و یا بصورت دندان مصنوعی در آن مکان وجود داشته باشد. برای تشخیص دندان کشیده از روش [۱۵] استفاده شد.

- درمان ریشه : در صورتیکه قبل از مرگ دندانیه درمان ریشه داشته باشد، دندان هم شماره با آن در تصویر بعد از مرگ می تواند با درمان ریشه، بصورت دندان مصنوعی و یا کشیده دیده شود.

درصد وجود ناحیه دندان را در هر بلاک حساب می‌کنیم. از تفاضل درصد ناحیه دندان در بلاک‌های متناظر برای تقسیم خط محیطی به دو بخش استفاده می‌شود. خط محیطی بلاک‌هایی که تفاوت درصد در آنها بیش از حد آستانه است، بیانگر نقاط تأثیرگذارتری برای تشخیص تفاوت میان تصاویر است. همان‌طور که در بخش‌های قبل گفته شد، با توجه به نسبت تعداد پیکسل خط محیطی هر بخش، به تعداد پیکسل‌های کل خط محیطی، از هر بخش نمونه برداری می‌شود تا تأثیر نقاط بیان‌گر اختلاف تصاویر بیشتر شود. در شکل ۲ بخش‌های کم رنگ نشان دهنده‌ی بخش‌هایی از خط محیطی است که اختلاف درصد ناحیه دندان در بلاک‌های آنها کمتر از حد آستانه است و پیکسل‌های پررنگ بیانگر نقاط تأثیرگذارتر در بیان اختلاف تصاویر است. در تصویر ۲(d) ۴۲ پیکسل در بخش تأثیر گذارتر خط محیطی برای تشخیص انطباق قرار دارد. بنابراین، ۳۱ نقطه از میان این نقاط و ۹۷ نقطه از میان بخش دیگر انتخاب می‌شود. در شکل ۲(f) ۸۶ نقطه در بلاک‌هایی قرار دارد که اختلاف درصد ناحیه دندان در آنها بیش از حد آستانه است. در این شکل از هر بخش ۶۴ پیکسل انتخاب می‌شود.

۵-۱- انطباق در پایگاه داده‌های بزرگ

در این مقاله برای جستجو در پایگاه داده‌های بزرگ، بجای مقایسه تمام دندان‌های یک تصویر در یک مرحله، پیشنهاد می‌شود دندان‌های هم‌شماره‌ی تمام تصاویر بصورت سلسله مراتبی قیاس شوند. اینکار باعث کاهش فضای جستجو، در نتیجه کاهش محاسبات در هر مرحله می‌شود. چون احتمال زیادی دارد دندان‌های کناری بطور کامل در تصویر دیده نشوند، از دومین دندان سمت چپ، مقایسه‌ها را آغاز کرده و اولین دندان سمت چپ در آخرین مرحله قیاس می‌شود.

سپس تبدیل فوری روی این سیگنال مختلط اعمال می‌شود:

$$U(s) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} U(n) e^{-2\pi Sx/N} \quad (4)$$

$$S = 0, 1, \dots, N-1$$

از ضرایب فوریه $u(n)$ برای تعریف مجموعه بردار ویژگی مطابق رابطه [۴] استفاده شد که نسبت به انتقال، چرخش و تغییر سایز ثابت است:

$$f = \left[\frac{|U(2)|}{|U(1)|}, \frac{|U(3)|}{|U(1)|}, \dots, \frac{|U(N-1)|}{|U(1)|} \right] \quad (5)$$

در این مقاله از ۱۵ ضریب اول تبدیل فوریه بعنوان بردار ویژگی استفاده شد.

۵- انطباق تصاویر

انطباق تصاویر با حداقل فاصله انطباق بین بردار ویژگی دندان‌های قبل از مرگ و بردار ویژگی دندان‌های بعد از مرگ انجام می‌شود. فرض کنید تصویر جستجو بعد از مرگ (PM)، پایگاه داده (AM) و بردارهای ویژگی آنها PM_e و AM_e بصورت زیر تعریف شوند:

$$PM_e = [pm_{ei}] \quad i=1, \dots, 15 \quad e=1 \dots c \quad (6)$$

$$AM_e = [am_{ej}] \quad j=1, \dots, 15 \quad e=1 \dots c$$

که pm_{ei} آمین ویژگی از e امین دندان تصویر بعد از مرگ و am_{ej} آمین ویژگی از e امین دندان تصویر قبل از مرگ و c تعداد دندان موجود در تصویر بعد از مرگ است. فاصله بین بردار ویژگی e امین دندان در تصویر بعد از مرگ و دندان هم شماره آن در تصویر قبل از مرگ با استفاده از فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود:

$$DE_{PM,AM} = \sqrt{\sum_{i=1}^{15} (pm_{ei} - am_{ei})^2} \quad (7)$$

با مرتب نمودن این مقادیر بصورت صعودی، کمترین مقدار MD مربوط به بهترین انطباق دندان قبل از مرگ است. بهترین تصویر منطبق، تصویری است که بیشترین تعداد دندان آن در اولین ردیف بازیابی شود.

بعنوان مثالی از تأثیر نرمال سازی خط محیطی، شکل ۲ را در نظر بگیرید. شکل ۲(a) تصویر جستجو، ۲(b) تصویر قبل از مرگ فرد مورد نظر و ۲(c) یکی از تصاویر پایگاه داده است. با استفاده از تبدیل فوریه بر روی نقاط نمونه برداری شده با فاصله‌ی برابر، تصویر ۲(c) به اشتباه تصویر منطبق شناسایی می‌شود. اما با اعمال تبدیل فوریه بر روی نقاط نمونه برداری شده به روش پیشنهادی انطباق بصورت صحیح صورت می‌گیرد. تعداد پیکسل‌های کل خط محیطی در دندان‌های تصاویر زیر، ۲۵۶ نقطه است. فرض کنید برای مقایسه‌ی تصاویر، باید ۱۲۸ نقطه از میان آنها انتخاب شود. برای این منظور، ابتدا تصاویر را به بلاک‌های ۸*۸ بدون هم‌پوشانی تقسیم کرده و

در هر مرحله اگر E از مقدار آستانه آن مرحله بیشتر باشد، از ادامه محاسبات حذف می‌شود.

۶- نتایج عملی

در این بخش نتایج علمی روش پیشنهادی انطباق، آورده شده است. برای نشان دادن کارایی انطباق دندان‌ها با روش پیشنهادی، آزمایشاتی را روی ۱۱۹ تصویر بایتونینگ (۳۲ تصویر جستجو و ۸۷ تصویر قبل از مرگ) شامل ۲۱۴ دندان آسیاب بزرگ، ۱۸۲ آسیاب کوچک در فک پایین و ۱۷۵ دندان آسیاب بزرگ، ۱۷۹ آسیاب کوچک در فک بالا انجام داده شد.

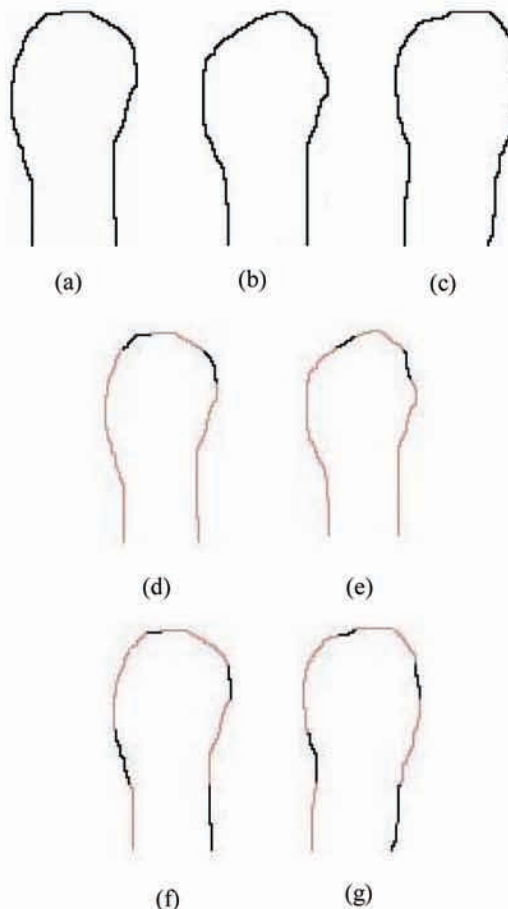
هر یک از دندان‌های تصاویر قبل از مرگ دسته‌بندی، شماره گذاری و بلاک‌بندی می‌شود. درصد ناحیه دندان در هر بلاک بعنوان ویژگی برای آن دندان، در پایگاه داده ذخیره می‌شود. در طول مرحله انطباق، هر دندان از تصویر جستجوی قطعه‌بندی، کلاس‌بندی و شماره‌گذاری می‌شود و به مقایسه ویژگی‌های سطح بالای تصویر جستجو با دندان‌های هم‌شماره تصاویر پایگاه داده پرداخته می‌شود. سپس دندان‌های تصویر جستجو، بلاک‌بندی می‌شود و با مقایسه‌ی درصد بلاک‌بندی‌های تصاویر قبل از مرگ، بخش‌های تأثیرگذارتر خط محیطی برای انطباق تشخیص داده و بردار ویژگی محاسبه و فاصله انطباق بصورت سلسله مراتبی بین بردار ویژگی تصویر بعد از مرگ و بردار ویژگی دندان هم شماره در تصاویر پایگاه داده محاسبه می‌شود. بهترین انطباق با دندان بعد از مرگ، دندانی است که کمترین فاصله انطباق را داشته باشد.

در جدول ۱ نتایج ارزیابی روش پیشنهادی و مقایسه نتایج آن با روش‌های دیگر آورده شده است. با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان تأثیر مراحل مختلف پیشنهادی را بر روی نتایج انطباق تصاویر دید. همان‌طور که دیده می‌شود روش پیشنهادی نتایج دقیق‌تری را در بازیابی تصاویر ارائه می‌دهد.

اشتباهات روش پیشنهادی مربوط به استخراج نادرست خط محیطی دندان، بویژه در تصاویر با کیفیت پایین، درمان‌های دندان که باعث تغییر شکل خط محیطی شده و یا دیده نشدن بخشی از دندان در تصویر است.

البته باید به این نکته نیز توجه کرد که اگر تصویر بعد از مرگ، مدت زمان زیادی پس از تصویر قبل از مرگ گرفته شده باشد، شکل دندان‌ها بر اثر عواملی مثل درمان دندان، شکستگی و ... می‌تواند تغییر کرده باشند. از آنجایی که تصاویر جستجوی استفاده

شده در ارزیابی روش پیشنهادی، بطور متوسط هشت سال بعد از تصاویر قبل از مرگ خود گرفته شده، می‌تواند باعث کاهش دقت نتایج بدست آمده شود، اما با این حال نتایج قابل قبولی بدست آمده است.



شکل ۲. (a) خط محیطی دندان پس از مرگ (b) خط محیطی دندان قبل از مرگ (c) مثالی از تشخیص نادرست با روش تبدیل فوریه (d) و (e) نمایش قسمت‌های تأثیرگذار با روش پیشنهادی در مقایسه دندان‌های (a و b) و (f) و (g) نمایش قسمت‌های تأثیرگذار با روش پیشنهادی در مقایسه دندان‌های a و c.

به این ترتیب در اولین مرحله، به مقایسه دومین دندان سمت چپ از تصویر جستجو و دندان هم‌شماره آن در تمام تصاویر موجود در پایگاه داده پرداخته می‌شود. اگر در انتها بخواهیم k تصویر بعنوان تصاویر افراد کاندید معرفی شود، در هر مرحله $k \times (n+1)$ تصویر که کمترین فاصله شباهت را با تصویر جستجو دارند، بعنوان فضای جستجو در مرحله بعد در نظر گرفته می‌شود، که n در اینجا تعداد دندان مقایسه نشده موجود در تصویر جستجو است. برای محاسبه‌ی فاصله‌ی دندان در تصویر قبل از مرگ و تصویر پایگاه داده از فاصله‌ی اقلیدسی گفته شده در بخش قبل استفاده می‌شود. فاصله انطباق در هر مرحله بصورت:

$$E_l = \sum_{i=1}^e DE_e(PM_i, AM_l) \quad L=1, \dots, T_{AM} \quad (8)$$

که T_{AM} تعداد تصاویر موجود در پایگاه داده، DE فاصله بردار ویژگی دندان قبل از مرگ و دندان بعد از مرگ، e تعداد مراحل قیاس شده است.

که می‌تواند شامل نقاط مشابه و متفاوت از خط محیطی دندان قبل و بعد از مرگ باشد، روشی برای انتخاب N نقطه از نواحی تأثیرگذارتر خط محیطی، پیشنهاد شد. سپس از فاصله‌ی اقلیدسی توصیفگر فوری دندان‌ها برای تشخیص هویت استفاده شد. نتایج ارزیابی روش پیشنهادی، کارایی روش را نشان می‌دهد. در این کار تنها از شکل خط محیطی دندان بعنوان ویژگی برای تشخیص هویت استفاده شد. از آنجایی که شکل دندان بر اثر عوامل زیادی می‌تواند تغییر کند، در کارهای بعدی سعی داریم از ویژگی‌های ظاهری دندان نیز در تشخیص هویت استفاده کنیم.

مراجع

- [۱] حسن بهناز، ایرج شفق، آناتومی و مورفولوژی دندان، پاییز ۱۳۸۵.
- [2] A.K. Jain, H. Chen, S. Minut, Dental biometrics: human identification using dental radiographs, in: ۴th International Conference of Audio and Video-Based Biometric Person Authentication, AVBPA, Guildford, UK, pp. ۴۲۹-۴۳۷, ۲۰۰۳.
- [3] A.K. Jain, H. Chen, Matching of dental X-ray images for human identification, Pattern Recognition, pp ۱۵۱۹-۱۵۲۲, ۲۰۰۴.
- [4] A.K. Jain, H. Chen, Alignment and matching of dental radiographs, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. pp ۱۳۱۹-۱۳۲۶, ۲۰۰۵.
- [5] O. Mythili, Multi resolution dental image registration based on genetic algorithm, Master Thesis, Department of Electrical and Computer Engineering, WVU, USA, ۲۰۰۵.
- [6] Z. Millwala, A dual stage approach to dental image registration, Master Thesis, Department of Electrical and Computer Engineering, WVU, USA, December ۲۰۰۴.
- [7] J. Ostuni, E. Fisher, P.V. Stelt, S. Dunn, Registration of dental radiographs using projective geometry, J. Dent o maxilla o facial Radiol. pp ۱۹۹-۲۰۳, ۱۹۹۳.
- [8] J.D. Zhou, M. Abed-Mottaleb, A content-based system for human identification based on bitewing dental X-ray images, J. Pattern Recognition, pp ۲۱۳۲-۲۱۴۲, ۲۰۰۵.
- [9] F. Samadzadegan, F. Bashizadeh, M. Hahn, P. Ramzi, Automatic registration of dental radiograms, Geo-Imagery Bridging Continents, Istanbul, Turkey, ۲۰۰۴.
- [10] O. Nomir, M. Abdel-Mottaleb, A system for human identification from X-ray dental radiographs, J. Pattern Recognition, pp ۱۲۹۵-۱۳۰۵, ۲۰۰۵.
- [11] M. Abdel-Mottaleb, O. Nomir, D. Nassar, G. Fahmy, H. Ammar, Challenges of developing an automated dental identification system, in: IEEE Mid-West Symposium for Circuits and Systems, Cairo, Egypt, ۲۰۰۳.
- [12] Omaira Nomir, Mohamed Abdel-Mottaleb, Hierarchical contour matching for dental X-ray radiographs, Pattern Recognition, pp ۱۳۰ - ۱۳۸,

در شکل ۳ منحنی کارایی انطباق برای نمایش تأثیر روش‌های

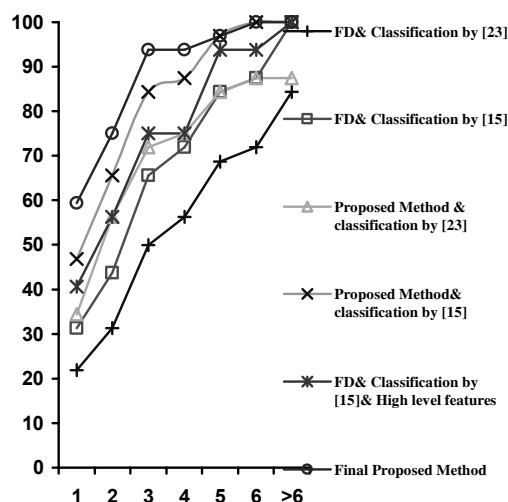
جدول ۱. مقایسه نتایج ارزیابی

روش	تعداد تصویر صحیح بازیابی شده در دسته‌ی					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
تبدیل فوری به دسته‌بندی به روش دندان [۲۳]	۷	۳	۶	۲	۴	۱
تبدیل فوری به دسته‌بندی به روش دندان [۱۵]	۱۰	۴	۷	۲	۴	۱
روش پیشنهادی با دسته‌بندی به روش دندان [۲۳]	۱۱	۷	۴	۱	۳	۰
روش پیشنهادی با دسته‌بندی به روش دندان [۱۵]	۱۵	۶	۶	۱	۳	۰
تبدیل فوری به دسته‌بندی به روش دندان [۱۵] و تأثیر ویژگی‌های سطح بالا	۱۳	۵	۶	۰	۶	۲
روش پیشنهادی (نسخه نهایی)	۱۹	۵	۶	۰	۱	۰

پیشنهادی بر روی انطباق آورده شده است.

۷- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این مقاله لیستی از روابط سطح بالا برای کاهش فضای جستجو جمع‌آوری شد. بجای انتخاب N نقطه از میان تمام خط محیطی،



شکل ۳. منحنی‌های کارایی انطباق

- ۲۰۰۸.
- [13] D. Zhang, G. Lu, A comparative study on shape retrieval using Fourier descriptors with different shape signatures, International Conference on Intelligent Multimedia and Distance Education (ICIMADE-۱) pp. ۱-۹, ۲۰۰۱.
- [14] L. Shen, R.M. Rangayyan, J.E.L. Desaultes, Application of shape analysis to mammographic classifications, IEEE Trans. Med. Imag. ۲۶۳-۲۷۴, ۱۹۹۴.
- [15] Faraein Aeni, Fariborz Mahmoudi, 2010 the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE 2010), in press.
- [16] Diao Eldin Nassar, Ayman Abaza, Xin Li, Hany Ammar, Automatic Construction of Dental Charts for Postmortem Identification, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION FORENSICS AND SECURITY, VOL. ۳, NO. ۲, JUNE ۲۰۰۸.
- [17] R. L. Cosgriff, "Identification of Shape," Tech. Rep., Ohio State Univ., Columbus, OH, ۱۹۹۰.
- [18] D. Hurley, M. Nixon, and J. Carter, "An experimental comparison of autoregressive and Fourier-based descriptors in ۲d shape classification," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. ۱۷, no. ۲, pp. ۲۰۱-۲۰۷, Feb. ۱۹۹۵.
- [19] R. O. Duda and P. E. Hart, *Pattern Classification and Scene Analysis*. New York: Wiley, ۲۰۰۰.
- [20] MohammadH. Mahoor, Mohamed Abdel-Mottaleb, Classification and numbering of teeth in dental bitewing images, Elsevier, ۵۷۷ - ۵۸۶, ۲۰۰۵.
- [21] P.L.Lin , Y.H.Lai , P.W.Huang, An effective classification and numbering system for dental bitewing radiographs using teeth region and contour information, Pattern Recognition, Elsevier 2009.
- [22] Michael Hofer, Aparecido Nilceu Marana, "Dental Biometrics: Human Identification Based On Dental Work Information", 1530-1834/07 2007 IEEE.
- [23] Mohammad Mahoor, Mohamed Abdel-Mottaleb, Classification and numbering of teeth in dental bitewing images, Elsevier, 2005, 38: 577 - 586.