

A Proposed Framework for Human Dental Identification Based on Teeth Contours

F. Mahmoudi^{1*}, F. Aeini²

¹Assistant Professor, Faculty of Computer and IT Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

²Instructor, Software Engineering Department, Sari Branch, Islamic Azad University, Mazandaran, Iran

Received in the online submission system 21 June 2015, received in revised form 14 September 2015, accepted 28 November 2015

Abstract

Due to teeth robustness, uniqueness and availability of medical records, today a new branch of research for human identification is ongoing based on dental radiograph images. This method of identification has particular importance especially in events such as wars, fires, tsunamis and other similar events with other biometrics features heavily damaged. In this article also a framework for human identification based on dental characteristics is proposed.

The proposed framework consists of two stages: the first stage is teeth classification and numbering, and the second stage is teeth recognition. In this study, a new feature has been proposed for each of these two stages: Crown mesiodistal neck and anatomic crown length for the first and weighted sampling of teeth contours for the second. The proposed method is capable to solve principally and automatically problems such as diagnosis of posterior teeth, posterior teeth classification, diagnosis of number and kind of pulled teeth, which are overlooked or have been left with the simple premises in previous works. To evaluate the proposed method, experiments on a set of bitewings, periapical and panoramic images are done. The practical results show an improvement of 8% in accuracy of classification and numbering, and also 27% improvement in accuracy of teeth recognition, in comparison with the preceding works.

Key words: *Human Identification, Teeth Classification, Teeth Numbering, Teeth Recognition, Teeth contours, Mesiodistal neck*

*Corresponding author

Address: Faculty of Computer and IT Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, P.O. Box: 34185-1416, Qazvin, Iran

Tel: +98-28-33665257

Fax: +98-28-33675780

E-mail: mahmoudi@qiau.ac.ir

یک چارچوب پیشنهادی برای تشخیص هویت بر اساس خط محیطی دندان‌ها

فریبرز محمودی^{۱*}، فرابین آیینی^۲

^۱ استادیار، دانشکده کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

^۲ مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری

تاریخ ثبت در سامانه: ۱۳۹۴/۳/۳۱، بازنگری: ۱۳۹۴/۶/۲۳، پذیرش قطعی: ۱۳۹۴/۹/۷

چکیده

با توجه به مقاوم بودن، منحصربه‌فرد منحصربه‌فرد بودن و در دسترس بودن سوابق پزشکی دندان‌ها امروزه شاخه‌ی جدیدی از پژوهش‌ها برای تشخیص هویت افراد بر اساس تصاویر رادیوگرافی دندان‌ها در دست انجام است. این شیوه تشخیص هویت در حوادثی نظیر جنگ، آتش‌سوزی، سونامی و غیره که سایر ویژگی‌های بایومتریک به شدت به شدت آسیب می‌بینند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود. بدین منظور در این مقاله نیز یک چارچوب کاری برای تشخیص هویت افراد بر اساس ویژگی‌های دندان‌ها پیشنهاد شده است. این چارچوب کاری پیشنهادی شامل دو مرحله است: مرحله اول دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها و مرحله دوم بازشناسی دندان‌ها. در این پژوهش ویژگی‌های جدیدی برای هر یک از این دو مرحله پیشنهاد شده است: عرض مزیدیستال طوق و طول تاج آناتومیک برای مرحله اول و نمونه‌برداری وزن‌دار از خط محیطی دندان برای مرحله دوم. روش پیشنهادی قادر است مشکلاتی نظیر تشخیص دندان‌های خلفی، دسته‌بندی دندان‌های خلفی، تشخیص تعداد و نوع دندان‌های کشیده شده که در کارهای گذشته نادیده گرفته شده و یا با فرض‌های ساده کنار گذاشته شده‌اند را به طرز اصولی و خودکار حل نماید. برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی، آزمایشاتی بر روی مجموعه‌ای از تصاویر بایتونینگ، پری‌اپیکال و پانورامیک انجام شده است. نتایج عملی بهبودی ۸ درصدی دقت در مرحله دسته‌بندی و شماره‌گذاری و همچنین بهبود ۲۷ درصدی دقت در مرحله نهایی بازشناسی دندان‌ها، در مقایسه با روش‌های پیشین را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: تشخیص هویت، دسته‌بندی دندان‌ها، شماره‌گذاری دندان‌ها، بازشناسی دندان‌ها، خط محیطی دندان، عرض مزیدیستال.

*نویسنده مسئول

نشانی: دانشکده کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین، ایران، صندوق پستی: ۳۴۱۸۵-۱۴۱۶

تلفن: +۹۸(۲۸)۳۳۶۶۲۵۷

دورنگار: +۹۸(۲۸)۳۳۶۷۵۷۸۰

پست الکترونیکی: mahmoudi@qiau.ac.ir

۱- مقدمه

در این قسمت سعی شده است تا عوامل محدودیت زا نظیر اثر دندان‌های کشیده شده، ترمیم دندان‌ها و کاشت دندان‌های جدید مورد توجه قرار گیرد و فضای جستجو به شکل چشمگیری برای مرحله‌ی بازشناسی کاهش یابد.

از دیگر عوامل محدودیت زا می‌توان به تنوع تصاویر رادیوگرافی دندان اشاره نمود. هم‌اکنون سه نوع تصویر رادیوگرافی دندان را می‌توانیم نام ببریم: پانورامیک^۲ و پری‌اپیکال^۱. در این سه تصویر به ترتیب دندان‌های آسیاب کوچک و بزرگ، دندان‌های جلو و تمام دندان‌های دو فک نشان داده می‌شوند. هر یک از این تصاویر برای استخراج ویژگی‌های متمایزی در تشخیص هویت استفاده می‌شود. در اکثر کارهای انجام شده، تصویر بایتونینگ بعنوان تصویر ورودی در نظر گرفته می‌شد و با مقایسه‌ی شکل دندان و شیوه‌ی درمان دندان‌های خلفی، تشخیص هویت انجام می‌شد. اما ابتکار صورت گرفته در مقاله حاضر این است که از هر سه نوع تصاویر رادیوگرافی استفاده می‌شود و تصاویر دندان‌های خلفی از بین آن‌ها مشخص شده و مورد پردازش قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر در این مقاله، روشی خودکار برای جداسازی دندان‌های خلفی از باقی دندان‌ها و دسته‌بندی آن‌ها پیشنهاد شده است. بدین منظور از نسبت عرض مزودیستال طوق به طول آناتومیک تاج دندان‌ها استفاده شد.

یکی از مشکلات موجود در روش‌های پیشین بازشناسی دندان که مبتنی بر خط دندان هستند، عدم استفاده از یک ویژگی مقاوم نسبت به سایش‌های جزئی برای توصیف دندان‌ها است. نوآوری دیگر این مقاله، معرفی یک ویژگی مقاوم برای توصیف خط محیطی^۴ دندان، به نام WSV، است.

در بخش دوم مقاله برخی اصطلاحات دندان‌پزشکی استفاده شده مطرح می‌گردند و سپس در بخش سوم کارهای پیشین مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در بخش چهارم روش پیشنهادی با جزئیات توصیف می‌شود. در بخش پنجم نتایج عملی در رابطه با روش‌های پیشنهادی و نیز مقایسه آن‌ها با روش‌های پیشین مورد بحث قرار می‌گیرد و در بخش نهایی به نتیجه‌گیری و نیز بیان کارهای آتی پرداخته شده است.

با افزایش جرائم، جنگ، آدم‌ربایی، کشتارهای دسته‌جمعی و مواردی از این قبیل، تشخیص هویت انسان‌ها استفاده از شواهد دندان‌های موجود در پزشکی قانونی رشد چشم‌گیری داشته است. تشخیص هویت با استفاده از ویژگی‌های دندان، اثرانگشت و DNA، روش‌های معمول در اقدامات قانونی و ادعاهای مرتبط با بیمه می‌باشند. در این میان تشخیص هویت بر اساس ویژگی‌های دندان مزایایی دارد، از قبیل هزینه‌ی پایین این روش، سختی و مقاومت دندان در مقابل تحلیل و حوادثی نظیر آتش‌سوزی، در دسترس بودن رکوردها و تصاویر دندان و منحصر به فرد بودن ویژگی‌های دندان. از این رو در مجموعه‌ای از پژوهش‌ها، استفاده از ویژگی‌های دندان مورد توجه قرار گرفته است [۱-۳].

تشخیص هویت بر اساس دندان با مشکلاتی همراه است؛ برای مثال جمع‌آوری اطلاعات کامل دندان‌های هر فرد دشوار است؛ حجم زیاد و افزونگی اطلاعات، نیازمند وقت زیادی برای تشخیص هویت است؛ تغییر یا کامل نبودن اطلاعات دندان‌های موجب کاهش دقت تشخیص هویت می‌شود. لذا برای محدود نمودن این مشکلات، در پژوهش‌ها و همچنین مقاله‌ی حاضر، سعی می‌شود از ویژگی‌های جامع و منحصر بفردی که به راحتی در دسترس هستند و با گذر زمان تغییر نمی‌کنند استفاده شود. برای تشخیص هویت انسان بر اساس دندان‌ها، باید شکل دندان‌ها پس از مرگ با توجه به سوابق موجود قبل از مرگ بازشناسی شوند. به منظور افزایش سرعت و دقت عمل بازشناسی لازم است طبق شکل (۱)، ابتدا دندان‌ها دسته‌بندی و شماره‌گذاری گردند و عمل بازشناسی از طریق تطبیق الگوی دندان‌های هم شماره صورت پذیرد. در پژوهش حاضر نیز این نکته مدنظر بوده و در چارچوب کاری پیشنهادی روشی جدید برای دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها پیشنهاد شده است.

دسته‌بندی دندان‌ها ← شماره‌گذاری دندان‌ها ← بازشناسی دندان‌ها

شکل (۱) - نمودار کلی تشخیص خودکار هویت انسان بر اساس ویژگی‌های دندان

^۱Periapical

^۲Contour

^۳Bite wing

^۴Panoramic

۲- اصطلاحات دندان پزشکی مورد نیاز

ابتدا لازم است برخی اصطلاحات دندان پزشکی معرفی گردند که در این بخش به آن‌ها می‌پردازیم. تاج کلینیکی که معمولاً تنها به آن تاج گفته می‌شود، قسمت قابل مشاهده از دندان در دهان است. تاج آناتومیک قسمتی از دندان است که توسط مینا پوشیده شده است. ریشه‌ی آناتومیک قسمتی از ریشه است که با سمان^۱ پوشیده می‌شود و ریشه کلینیکی^۲ نیز بخش رؤیت از دندان می‌باشد.

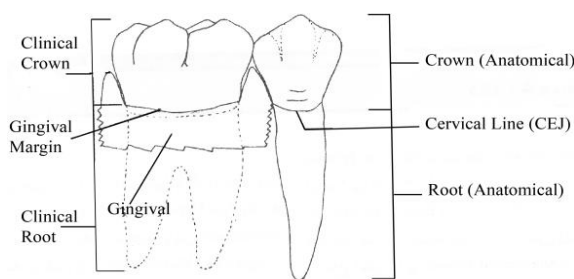
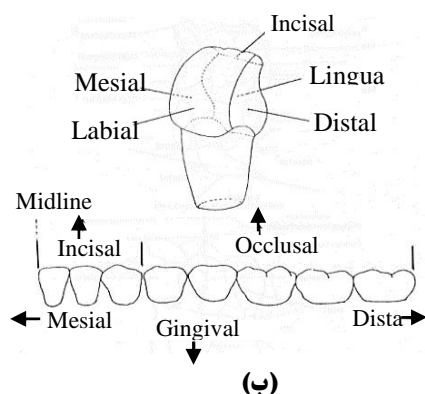
در شکل (۲)-الف قسمت‌های مختلف دندان با ذکر نام مشخص شده‌اند [۴]. تاج و ریشه‌ی کلینیکی نسبت به تاج و ریشه‌ی آناتومیک می‌تواند تغییراتی از نظر اندازه داشته باشد. چون تاج کلینیکی در طول زندگی تغییر می‌کند، در این مقاله از تاج آناتومیک که ویژگی ثابتی دارد، استفاده می‌گردد.

خط طوق، خطی در حد فاصل مینا و سمان می‌باشد. به این ترتیب خط طوق، تاج آناتومیک و ریشه آناتومیک را از هم جدا می‌کند. حاشیه لثه در یک دهان سالم معمولاً بالاتر از خط طوق قرار دارد و با افزایش سن و بروز بیماری‌های لثه، این حد به خط طوق رسیده و گاهی به پایین‌تر از آن می‌رود. بنابراین خط طوق همیشه ثابت، اما حاشیه لثه خطی متغیر می‌باشد. بنابراین در دسته‌بندی، تشخیص هویت و یا حتی برای جدا نمودن تاج از ریشه‌ی دندان، نمی‌توان از خط لثه بعنوان یک ویژگی معتبر بهره برد.

مزیال^۳، سطحی از دندان است که به خط وسط نزدیک‌تر و دیستال^۴ سطحی است که از خط وسط دندان دورتر است. در شکل (۲)-ب سطوح مختلف دندان نشان داده شده است. با توجه به موقعیت مکانی هر دندان در فک، پهنای عرض مزیدیستال و طول تاج آناتومیک دندان در بازه‌ی مشخصی قرار دارد. متوسط این مقادیر در جدول (۱) ارائه شده است [۵]. عرض مزیدیستال طوق و لثه بترتیب، بافت سخت و بافت نرم است. عرض مزیدیستال طوق مقاوم‌تر از خط لثه است و تقریباً هیچ‌گاه تغییر نمی‌کند بنابراین از آن به عنوان ویژگی کلیدی در روش پیشنهادی استفاده گردید. سیستم‌های گوناگونی برای شماره‌گذاری دندان وجود دارد. در این مقاله از سیستم شماره‌گذاری جهانی که یکی از رایج‌ترین سیستم‌ها است، استفاده شد. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، در افراد بزرگسال ۳۲ دندان وجود دارد. اگر دو فک به چهار بخش تقسیم شوند، هر بخش شامل هشت دندان است: دو دندان ثنایا، یک نیش، دو دندان آسیاب کوچک و سه دندان آسیاب بزرگ.

| Right Maxilla | | | | | | | | Left Maxilla | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|
| ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ |
| ۳۲ | ۳۱ | ۳۰ | ۲۹ | ۲۸ | ۲۷ | ۲۶ | ۲۵ | ۲۴ | ۲۳ | ۲۲ | ۲۱ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۸ | ۱۷ |
| Right Mandible | | | | | | | | Left Mandible | | | | | | | |

شکل (۳)- سیستم جهانی شماره‌گذاری دندان‌های دائمی [۵]



شکل (۲)- معرفی قسمت‌های مختلف دندان [۵] الف) مورفولوژی دندان ب) سطوح دندان

^۱mesial

^۲distal

^۱cementum

^۲Clinical root

۳- کارهای پیشین

در این بخش برخی از کارهای مرتبط با دسته‌بندی دندان و تشخیص هویت را مورد بررسی قرار می‌دهیم. می‌توان الگوریتم‌های موجود را در چهار حوزه‌ی قطعه‌بندی دندان‌ها، جدا کردن تاج از ریشه، دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها و انطباق ویژگی‌های دندان طبقه‌بندی نمود، در ادامه هر کدام از حوزه‌ها به اختصار معرفی و مراجعی برای آن‌ها ذکر می‌گردد.

۳-۱- قطعه‌بندی دندان‌ها

هدف از قطعه‌بندی، مشخص نمودن ناحیه‌ی مربوط به هر دندان در تصویر رادیوگرافی است. تصاویر دندانی ممکن است دارای کیفیت ضعیف، کنتراست پایین و پرتوهای متغیری باشند که به پیچیدگی در عمل قطعه‌بندی منجر می‌شوند. تصاویر رادیوگرافی دندان شامل سه ناحیه‌ی متفاوت است: (۱) ناحیه‌ی بافت‌های نرم و زمینه‌ای که از پایین‌ترین شدت روشنایی برخوردار هستند. (۲) ناحیه‌ی استخوان‌ها با مقادیر شدت روشنایی متوسط و (۳) دندان‌ها که بالاترین مقادیر شدت روشنایی را دارند. در بسیاری از تصاویر، شدت روشنایی ناحیه‌ی استخوان نزدیک به شدت روشنایی ناحیه دندان است که در استفاده از یک مقدار آستانه برای قطعه‌بندی تمام تصویر مشکل ایجاد می‌کند. نمونه‌هایی از روش‌های قطعه‌بندی در مقالات [۶-۱۷] به تفصیل بیان گردیدند.

۳-۲- جدا کردن تاج از ریشه

جدا نمودن تاج از ریشه از مسائل مهم در استخراج ویژگی‌های دندان می‌باشد. به‌عنوان نمونه، جین و همکاران به‌طور دستی نقطه‌ای را به‌عنوان مرکز تاج انتخاب کردند [۶] و با خطی افقی که از این نقطه عبور می‌کند، دندان را به دو ناحیه‌ی تاج و ریشه تقسیم نمودند. در پژوهشی دیگر، جین و چن نقطه‌ای را به‌عنوان مرکز تاج انتخاب کردند که از ضلع بالای مستطیل احاطه‌کننده دندان به اندازه‌ی یک سوم طول، فاصله داشته باشد و در ضمن از دو ضلع کناری مستطیل به یک فاصله باشد [۷]. سپس به کمک خطی که از مرکز دندان عبور می‌کند، مستطیل به دو بخش تقسیم شد. ژو و مطلب از مکان استخوان‌ها برای

جدا کردن بخش تاج از ریشه استفاده نمودند [۸]. در این کار با تفریق دندان‌های قطعه‌بندی شده از تصویر اصلی، دندان‌ها را از تصویر جدا نمودند. سپس با یک آستانه‌گیری ساده برای جدا کردن استخوان‌ها از زمینه، استخوان‌های تصویر را به دست آوردند. از اتصال رئوس ناحیه استخوان برای جدا کردن تاج از ریشه استفاده شد.

درواقع ژو و مطلب، خط لثه را اساس محاسبات قرار دادند. خط لثه عبارت است از حد نهایی لثه که اطراف دندان را احاطه کرده و تاج کلینیکی را از ریشه کلینیکی جدا می‌کند [۴، ۵]. اما تاج و ریشه کلینیکی در طول عمر بر اثر عواملی نظیر گذر زمان، بیماری‌های لثه و غیره دچار تغییراتی از نظر اندازه می‌شوند [۵]. مشکل بعدی روش آن‌ها، عدم وضوح استخوان در تصاویر حاصل می‌باشد، که این روش در این حالت نیز قابل استفاده نخواهد بود.

مشکل دیگر روش آن‌ها زمانی رخ می‌دهد که مدتی از کشیدن دندان گذشته باشد. دندان‌های مجاور دندان کشیده شده در مکان خود دچار چرخش می‌شوند (در ادامه به‌طور مفصل توضیح داده خواهد شد). در این حالت نیز خط لثه معیار درستی برای جدا نمودن تاج از ریشه نمی‌باشد. برای بهبود این مشکل، در این مقاله روشی بر اساس مورفولوژی دندان برای تشخیص عرض مزید استال طوق ارائه شده است که در ادامه با جزئیات بیان خواهد شد.

۳-۳- دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها

در تشخیص هویت سنتی، لازم است هر دندان از تصویر جستجو با تمام دندان‌های ذخیره‌شده در پایگاه داده مقایسه شوند که امری وقت‌گیر و هزینه‌بر است. با دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها، می‌توان هر دندان را با یک شماره از سیستم‌های شماره‌گذاری دندان‌ها شناسایی کرد [۵]. این کار فضای جستجو را تنها به دندان‌های هم‌شماره محدود می‌کند و در نتیجه دقت شناسایی را بهبود می‌بخشد.

ماهور و مطلب الگوریتمی برای طبقه‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها برای تصاویر بایوتینگ ارائه نمودند [۹]. آن‌ها از طبقه‌بندی کننده‌ی بیزین^۱ برای دسته‌بندی دندان‌ها به آسیاب

^۱ Bayesian

دندان‌ها به آسیاب بزرگ و کوچک استفاده نمودند. در نهایت، با ترکیب الگوریتم تشخیص دندان کشیده شده و ترتیب دندان‌ها، شماره‌ای به هر دندان اختصاص دادند. از معایب این روش می‌توان به قابل اعتماد نبودن ویژگی‌های استفاده شده در ماشین بردار پشتیبان اشاره کرد. یکی از ویژگی‌های استفاده شده در این روش، نسبت طول به عرض دندان است که با وجود بررسی و تنظیم میزان کج بودن یا انحراف، در بسیاری از حالات خط محیطی استخراج شده با این روش، کل دندان را پوشش نمی‌دهد. همچنین بر اثر عواملی مانند شکستگی یا پوسیدگی، احتمال تغییر این ویژگی زیاد است و ممکن است نتیجه‌ی مورد نظر حاصل نشود.

ویژگی دیگر استفاده شده در روش لین، نسبت طول به عرض اتاقتک پالپ^۱ است. در بسیاری از تصاویر بدلیل وجود تفاوت درخشندگی بین دندان و لثه و همچنین دندان و پالپ، این ویژگی قابل استخراج نیست. همچنین بر اثر عواملی از قبیل افزایش سن، پوسیدگی‌های مزمن، پرکردن تاج، درمان‌های ریشه دندان و ... اتاقتک پالپ تغییر شکل داده و حتی در مواردی از بین می‌رود.

از دیگر مشکلات این روش می‌توان به مرحله‌ی بررسی ترتیب دندان‌ها اشاره نمود. به عنوان مثال، دو دندان دسته‌بندی شده‌ی مجاور هم را در نظر بگیرید. به طوری که یکی از این دو، بطور اشتباه دسته‌بندی شده باشد، اما هر دو امتیاز شباهت یکسانی با روش گفته شده در [۱۱] که بر اساس الگوریتم واترمن [۱۲] محاسبه می‌شود، بدست آورده باشند. هر دو نیز با الگوی استاندارد، مطابقت داشته باشند. در این حالت نمی‌توان تشخیص داد که کدام بخش صحیح است تا دیگری را با آن تنظیم نمود. اشتباه بعدی زمانی اتفاق می‌افتد که ترتیب دندان‌ها در هر دو فک صحیح اما باهم ناسازگار باشند.

۴-۳- تشخیص هویت

تاکنون مقالات اندکی در رابطه با انطباق تصاویر دندان منتشر شده است. در مراجع [۶، ۷، ۱۳]، روش‌هایی برای قطعه‌بندی و انطباق خط محیطی دندان منتشر شده است. در این مقالات، تفاوت بین تصاویر رادیوگرافی پیش و پس از مرگ

بزرگ و کوچک استفاده کردند و یک شماره بر اساس سیستم شماره‌گذاری رایج در دندان پزشکی به هر دندان اختصاص دادند. آن‌ها از توصیفگر فوریه‌ی خط محیطی دندان به عنوان یک خصیصه در کلاس‌بندی بیزین استفاده کردند. سپس از رابطه‌ی مکانی بین دو نوع دندان برای تصحیح اشتباهات موجود در طبقه‌بندی برخی از دندان‌ها استفاده شد. اگرچه ایده‌ی ماهور و مطلب قدمی روبه‌جلو محسوب می‌شد ولی دارای معایب متعددی به شرح زیر است، که در شماره‌گذاری خط ایجاد می‌کنند. (۱) شباهت ظاهری تاج دندان‌های آسیاب بزرگ و کوچک در فک پایین (۲) دندان عقل که از دندان‌های آسیاب بزرگ محسوب می‌شود، در مقایسه با دیگر دندان‌های آسیاب بزرگ شکل متفاوتی دارد. (۳) در مواردی که شکل ریشه در تصویر قابل مشاهده نیست. (۴) از آنجا که در این روش تنها از خط محیطی دندان برای دسته‌بندی استفاده می‌شود، شکستگی تاج باعث خطا خواهد شد. (۵) در این روش پس از دسته‌بندی اولیه برای تصحیح دسته‌بندی‌های اشتباه، تنها از رابطه‌ی مکانی بین دندان‌های خلفی در یک فک استفاده شد. در حالاتی که دندان‌ها اشتباه دسته‌بندی شده باشند، اما در رابطه‌ی مکانی دندان‌ها صدق کنند، خطا قابل تشخیص نخواهد بود. (۶) برای دسته‌بندی دندان‌هایی که در مرز تصویر قرار گرفته‌اند و بخشی از آن دندان‌ها قابل مشاهده نیست، نمی‌توان از ترتیب دندان‌ها استفاده نمود. (۷) چون در این روش دندان‌های کشیده شده قابل شناسایی نیستند و تنها بر اساس نوع دندان عمل شماره‌گذاری دندان‌ها صورت می‌گیرد، شماره‌گذاری به کاهش بیشتر دقت دسته‌بندی منجر خواهد شد.

کیاتیسین و همکارانش دندان‌ها را بصورت یک ریشه‌ای و دو ریشه‌ای تقسیم نمودند [۱۰]. البته نتایج قابل اعتمادی بدست نیامد. آنها ابتدا تصویر را به تصویر باینری تبدیل نموده و با استفاده از کدهای زنجیره‌ای تصاویر را کدگذاری کردند و از انطباق کدها برای دسته‌بندی استفاده نمودند.

لین و همکارانش روشی دیگر برای دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها مطرح نمودند [۱۱]. آن‌ها از نسبت طول به عرض دندان، نسبت طول به عرض پالپ و اندازه تاج به عنوان یک ویژگی در ماشین بردار پشتیبان دودویی برای دسته‌بندی

^۱pulp chamber

۴- روش پیشنهادی

چارچوب کاری پیشنهادشده در این مقاله را می‌توان به دو مرحله‌ی (۱) دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها و (۲) بازشناسی دندان‌ها تقسیم کرد. مرحله‌ی یک در واقع همان توسعه‌ی روش پیشنهاد شده‌ی ما در [۲۰] است.

در تمامی مطالعات پیشین که در بخش ۳ به اکثر آنها پرداخته شد، با فرض اینکه تصویر ورودی همان تصویر دندان‌های خلفی است، دندان‌ها به دو دسته‌ی آسیاب کوچک و بزرگ تقسیم شدند و سپس به هر دندان شماره‌ای بر اساس سیستم شماره‌گذاری جهانی دندان‌ها اختصاص داده شده است. یکی از نکات این مقاله، نادیده گرفتن فرض خلفی بودن تصویر دندان‌ها است و این که پیش از دسته‌بندی دندان‌ها، خلفی بودن آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. جزئیات روش پیشنهادی در بخش ۴-۱ بیان شده است.

در مرحله‌ی دوم، تشخیص خودکار هویت انسان بر اساس روش پیشنهادی انجام می‌شود. در این مرحله ابتدا با استفاده از قواعد پیشنهادشده در [۲۰] به کاهش فضای جستجو پرداخته می‌شود، سپس با روش پیشنهادی (WSV) در این مقاله، مقایسه‌ای بین شکل دندان‌های هم شماره صورت می‌گیرد. جزئیات روش پیشنهادی این مرحله در بخش ۴-۲ بیان شده است. برای بخش‌های مختلف روش‌های پیشنهادی، از دوازده قاعده هیوریستیک استفاده شده است، که هر یک از آنها روابط بین دندان‌ها را توصیف می‌کنند. این قواعد برگرفته از تجربیات علمی گروهی از دندان‌پزشکان و کتاب‌های مرجع دندان‌پزشکی است.

۴-۱- دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان

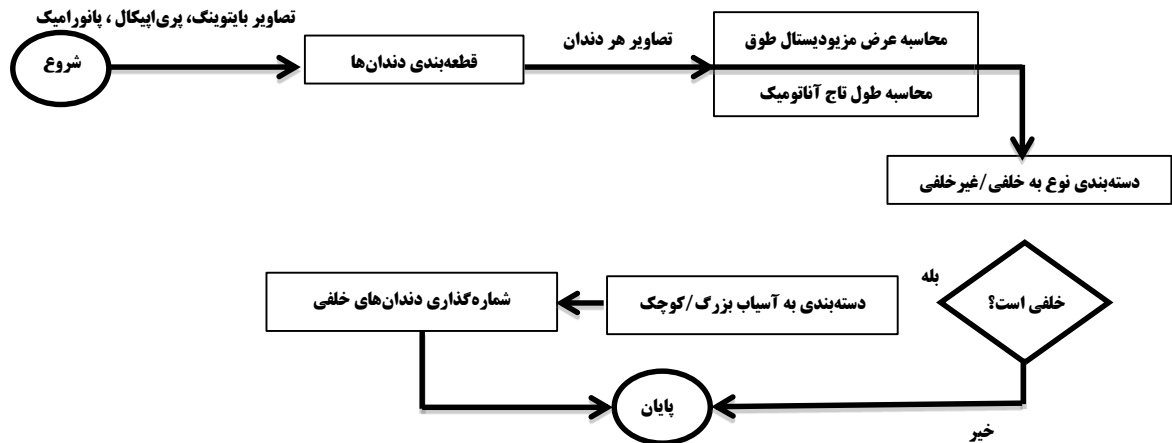
همان‌گونه که اشاره شد، هدف نهایی این مرحله شماره‌گذاری خودکار دندان‌های خلفی استخراج شده از یکی از تصاویر بایوتینگ، پری‌اپیکال، پانورامیک است. شکل (۴) نمودار بلوکی این کار را نشان می‌دهد، که به ترتیب قطعه‌بندی تصاویر، دسته‌بندی دندان‌ها و شماره‌گذاری دندان‌ها می‌باشد. هرکدام از پردازش‌ها با جزئیات بیشتر در ادامه توضیح داده می‌شود.

(AM و PM) با ترکیب فاصله‌ی بین خط محیطی دندان و شکل درمان دندان اندازه‌گیری شده است. میتیلی روشی بر اساس الگوریتم ژنتیک برای ثبت تصاویر رادیوگرافی پیشنهاد نمود [۱۸]. این روش، مرحله‌ی پیش‌پردازش تصاویر موردنظر برای مقایسه را بهبود می‌بخشد. ایده‌ی میتیلی، کاهش فضای جستجو با استفاده از سطوح روشنایی است. از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پارامترهای تبدیل مناسب به منظور تشخیص بهتر شباهت استفاده شده است. استونی و همکارانش روشی بر اساس تحلیل هندسی پیشنهاد نمودند [۱۵]. در الگوریتم آن‌ها، هر پیکسل از تصویر با استفاده از سیستم مختصاتی مرجع مثلثی^۱ بیان می‌شود.

ژو و عبدالمطلب روشی خودکار برای ذخیره و بازیابی تصاویر دندان ارائه نمودند [۳]. در این روش سیستم بازیابی کننده، تصاویر قبل از مرگ را که شباهت بیشتری به دندان‌های موجود در تصویر جستجو دارند، بر اساس فاصله‌ی هاس درف^۲ بین خط محیطی دندان‌ها، بازیابی می‌کند. عبدالمطلب و همکارانش روشی دیگر برای ذخیره و بازیابی تصاویر پایگاه داده برای یافتن بهترین انطباق با تصویر بعد از مرگ ارائه نموده‌اند [۱، ۱۸]. در این روش پس از قطعه‌بندی و جدا کردن هر دندان از تصویر بایوتینگ، مجموعه‌ای از بردارهای ویژگی برای هر دندان استخراج شده و در پایگاه ذخیره می‌شود. در هنگام بازیابی، امتیاز شباهتی بر اساس فاصله‌ی بین بردارهای تصاویر دندان قبل و بعد از مرگ محاسبه می‌شود و تصویر بالاترین امتیاز در رتبه‌ی اول بازیابی می‌شود. در ادامه، نومیر و عبدالمطلب الگوریتمی برای انطباق تصاویر رادیوگرافی دندان، بر اساس یک الگوریتم سلسله مراتبی سطوح روشنایی و انطباق خط محیطی دندان‌ها ارائه دادند [۱]. در روش‌های مبتنی بر خط محیطی دندان، نرمال کردن خط محیطی یکی از مسائل مهم می‌باشد. سه روش کلی برای نرمال‌سازی وجود دارد: ۱- نمونه‌برداری تعداد نقاط برابر. ۲- نمونه‌برداری زاویه برابر. ۳- نمونه‌برداری بر اساس طول کمان برابر. در تمام روش‌های نرمال‌سازی، نقاط از کل خط محیطی شکل انتخاب می‌شوند [۱۹].

^۱HauseDorff

^۲Referece triangle



شکل (۴) - بلاک دیاگرام مرحله ۱: چارچوب پیشنهادی برای شماره‌گذاری

دندان طبق فرمول (۸) از روش به‌کاررفته در مقاله لین و همکارانش در [۱۱] استفاده شده است:

$$\theta = \begin{cases} T_i & i=1 \\ \frac{1}{2} \cdot (T_{i-1} + T_i) & 2 \leq i \leq n_j \\ T_{i-1} & i=n_j \end{cases} \quad (8)$$

T_i زاویه خط عمودی و خط به‌دست‌آمده در مرحله‌ی جداسازی دندان‌ها و n_j حداکثر تعداد دندان در یک فک است. برای هر ROI_i در فک بالا، محوری در گوشه‌ی بالا سمت راست یا پایین سمت چپ و برای هر ROI_i در فک پایین، محوری در گوشه‌ی چپ بالا یا راست پایین انتخاب کرده، در صورتی که $\theta_i > 0$ باشد، تصویر به‌اندازه‌ی قدر مطلق θ_i در خلاف جهت عقربه‌های ساعت، و در صورتی که $\theta_i < 0$ به‌اندازه قدر مطلق θ_i در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده می‌شود. در ادامه عرض مزودیستال طوق معین می‌گردد. در این مقاله از عرض مزودیستال طوق که طبق قاعده ایان می‌گردد، به‌عنوان محل جداسازی تاج از ریشه دندان استفاده شده است.

قاعده‌ی ۱: طبق شکل (۶) عرض مزودیستال طوق، خط مزودیستالی است که بیشترین دنباله تکرار را از بالای تاج به پایین داشته باشد و پس از اتمام دنباله با عرض‌های مساوی، پهنای عرض کاهش یابد [۵].

برای یافتن عرض مزودیستال طبق تعریف قاعده‌ی ۱، لازم است که مراحل ۲ تا ۷ الگوریتم شکل (۵) اجرا گردند، که طی آن لایه به لایه خطوط مزودیستال دندان تعقیب می‌گردد تا در نهایت با مساوی شدن خطوط، محل عرض مزودیستال مشخص گردد.

۴-۱-۱- قطعه‌بندی تصاویر

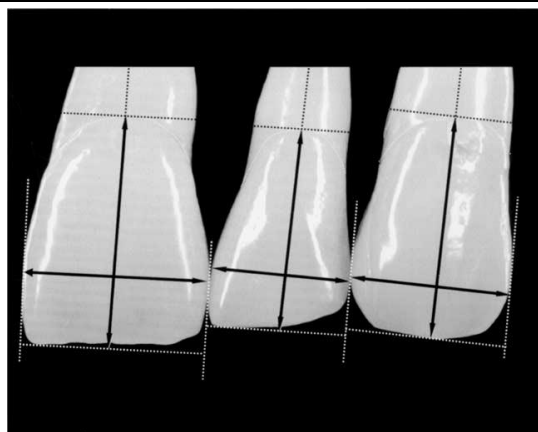
جزئیات این مرحله خارج از حوزه‌ی این مقاله است. در این پژوهش، از روش قطعه‌بندی دندان‌ها ارائه‌شده توسط ژو و همکاران [۶] که توسط نومیر و همکاران [۱] بهبود داده شده، استفاده شده است.

نظر به اینکه این روش به‌عنوان یک روش پایه قطعه‌بندی پذیرفته شده و در بسیاری از کارهای مشابه مورد استفاده و بررسی قرار گرفته شده [۱۱، ۲۱-۲۴]، از ارزیابی مستقل آن در این مقاله خودداری شده است. در ادامه با استفاده از تحلیل اجزای متصل با همسایگی ۸، خط محیطی هر دندان برای استفاده در مراحل بعد، استخراج شده است.

۴-۱-۲- جدا کردن تاج از ریشه

برای حل مشکلات بیان‌شده در استفاده از خط لثه برای جدا کردن تاج از ریشه که در بخش ۳-۲ بیان شد، در این مقاله پیشنهاد می‌شود تا از عرض مزودیستال طوق (که همواره ویژگی ثابتی است) استفاده گردد. نمودار کلی روش پیشنهادی در شکل (۵) نشان داده شده است.

اولین مرحله پردازش یافتن زاویه دندان‌ها و صاف کردن آن‌ها است. این کار طبق روش لین [۱۵] صورت گرفته است. اهمیت کار در آن است که در بسیاری از حالات مانند کشیدن دندان، صدمه خوردن یا مرتب نبودن دندان‌ها، ممکن است تصویر دندان‌ها زاویه طبیعی نداشته باشند و اصلاح زاویه در اینجا ضروری است. برای تشخیص زاویه کج شدگی هر



شکل (۷) - روش اندازه‌گیری طول و عرض تاج آناتومیک دندان‌ها

۴-۱-۴- دسته‌بندی دندان‌ها به خلفی / غیر خلفی

چون در ادامه‌ی فرایند بازشناسی هویت افراد صرفاً از دندان‌های خلفی استفاده می‌شود، لازم است تا در این مرحله بتوانیم دندان‌های خلفی را برای انجام پردازش بیشتر جدا کنیم. روش پیشنهادی ما برای یافتن دندان‌های خلفی مبتنی بر استفاده از قاعده‌ی ۳ به شرح زیر است. این قاعده از تحلیل اندازه‌ی دندان‌ها طبق جدول (۱) استخراج شده است.

جدول (۱) - عرض مزودیستال طوق و طول تاج آناتومیک

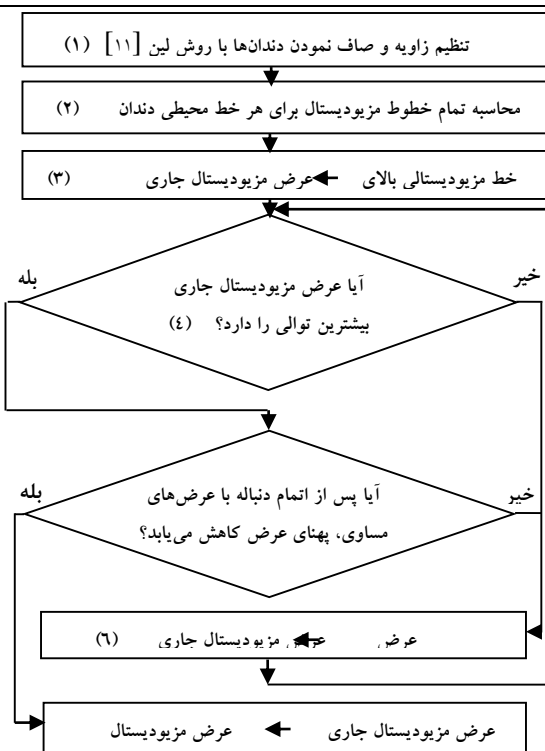
دندان [۵]

| دندان | فک پایین | | فک بالا | |
|--------------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | عرض مزودیستال طوق | طول تاج | عرض مزودیستال طوق | طول تاج |
| ثناپای میانی | ۳٫۸ | ۱۰ | ۱۱٫۳ | ۶٫۵ |
| ثناپای کناری | ۴ | ۱۰٫۶ | ۱۰٫۱ | ۵ |
| نیش | ۵٫۵ | ۱۱٫۵ | ۱۱٫۴ | ۶ |
| آسیاب کوچک ۱ | ۵ | ۹٫۵ | ۹٫۳ | ۵٫۳ |
| آسیاب کوچک ۲ | ۵٫۲ | ۹ | ۸٫۸ | ۵٫۳ |
| آسیاب بزرگ ۱ | ۹٫۲ | ۸٫۲ | ۸ | ۸ |
| آسیاب بزرگ ۲ | ۹٫۲ | ۸ | ۷٫۸ | ۷٫۵ |
| آسیاب بزرگ ۳ | ۸٫۷ | ۷٫۵ | ۷٫۵ | ۷٫۵ |

قاعده‌ی ۳: ابتدا برای هر دندان، مثل t نسبت عرض مزودیستال طوق (MNW) به طول تاج آناتومیک دندان (CL) را محاسبه می‌کنیم، سپس برحسب میزان این نسبت طبق فرمول (۹) نوع دندان مشخص می‌شود:

$$ratio = \frac{MNW(t)}{CL(t)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{if } ratio > 0.9 \rightarrow \text{دندان } t \text{ آسیاب بزرگ است.} \\ \text{else} \rightarrow \text{دندان آسیاب بزرگ نیست.} \end{array} \right. \quad (9)$$



شکل (۵) - نمودار کلی روش پیشنهادی برای تشخیص عرض مزودیستال طوق



شکل (۶) - تشخیص عرض مزودیستال طوق

۴-۱-۳- یافتن طول تاج آناتومیک

در این مقاله طول تاج آناتومیک طبق قاعده‌ی ۲ اندازه‌گیری می‌گردد و به‌عنوان ویژگی در مرحله دسته‌بندی تصاویر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

قاعده‌ی ۲: طولانی‌ترین فاصله، به موازات محور طولی، بین عرض مزودیستال طوق و انسيزال‌ترین نقطه تاج، طول تاج آناتومیک و وسیع‌ترین بخش دندان، عمود بر محور طولی، عرض تاج آناتومیک در نظر گرفته می‌شود. روش اندازه‌گیری در شکل (۷) نشان داده شده است.

این شکل مربوط به نتایج به دست آمده از روش پیشنهاد شده توسط جین و چن است [۷]. با اینکه تصویر جستجوی (۸)-الف شامل یک دندان آسیاب بزرگ و دو دندان آسیاب کوچک است، با استفاده از روش جین و چن دندان‌های تصویر بررسی شدند و به اشتباه با یکی از تصاویر AM که در شکل (۸)-ج نمایش داده شده و حاوی یک دندان نیش، یک ثنایای میانی و یک دندان کناری است، منطبق شده است. اما همان‌طور که در تصویر (۸)-ب قابل مشاهده است، روش پیشنهادی این مقاله با استفاده از عرض مزویدیستال و تعیین نوع دندان‌های آسیاب بزرگ و کوچک طبق قاعده‌ی ۴ و در ادامه با تصحیح الگوها طبق قاعده‌ی ۵، کاندید درستی را برای مرحله بازشناسی پیش رو، بازیابی می‌نماید.

۶-۱-۴- شماره گذاری دندان‌ها

هدف از این بخش، اختصاص یک شماره با توجه به موقعیت مکانی هر دندان در فک با استفاده از روش شماره گذاری جهانی است. در این مقاله، شماره گذاری دندان‌ها با استفاده از روش پیشنهادی در [۲۵] انجام شده است. یعنی، ابتدا با استفاده از الگوریتم ارائه شده در شکل (۹)، تعداد و نوع دندان کشیده شده شناسایی می‌شود. در این روش، ابتدا خط لثه بین دو دندان متوالی، اندازه گیری می‌شود.

بر اساس موقعیت هر دندان، شماره‌ای مطابق با سیستم شماره گذاری جهانی به هر دندان کشیده شده، اختصاص داده می‌شود. برای افزایش دقت شماره گذاری در مواردی که شکل دندان به طور کامل در تصویر دیده نمی‌شود، از قاعده ۶ در مقاله‌ی [۲۵] استفاده شده است.

قاعده‌ی ۶: هر دندان که در مقابل یک یا دو دندان آسیاب بزرگ در فک روبرو قرار دارد، خود یک دندان آسیاب بزرگ است. نمونه‌ای از این وضعیت در شکل (۱۰) مشاهده شده است. با توجه به روابط دندان‌ها در یک فک، موقعیت دندان کناری در فک پایین به طور دقیق قابل پیش‌گویی نیست، زیرا این احتمال وجود دارد که دسته‌بندی یکی از دندان‌هایی که آسیاب بزرگ یا کوچک تشخیص داده شدند نادرست باشد و بنابراین پیش‌گویی برطبق آن‌ها موجب خطای بیشتر گردد. در روش پیشنهادی با استفاده از روابط بین دندان‌های دو فک، دندان‌هایی

اگر در تصویر دندان آسیاب بزرگ وجود نداشته باشد اما آسیاب کوچک مشاهده شود، فرض می‌شود این دندان جزء دندان‌های خلفی نبوده و از ادامه‌ی دسته‌بندی حذف می‌شود. چون یکی از فرض‌های شماره گذاری دندان‌های خلفی، وجود هر دو نوع دندان آسیاب بزرگ و کوچک است [۱۳].

۵-۱-۴- دسته‌بندی دندان‌ها به آسیاب بزرگ / کوچک

چون طول تاج آناتومیک ویژگی مقاومی در مقابل شکستگی نیست، تصاویری که شامل دندان آسیاب بزرگ هستند بر اساس عرض مزویدیستال طوق به دندان‌های آسیاب بزرگ و کوچک دسته‌بندی می‌شوند. این دسته‌بندی بر اساس قاعده‌ی ۴ که از تحلیل مقادیر جدول (۱) به دست آمده، انجام می‌شود. لازم به یادآوری است، حتی اگر دندان‌ها به خاطر وجود شکستگی در تاج به اشتباه دندان آسیاب بزرگ تشخیص داده شود، در مراحل بعدی دسته‌بندی که تنها از عرض مزویدیستال طوق استفاده می‌شود، به راحتی قابل شناسایی است.

قاعده‌ی ۴: در هر فک، با توجه به نسبت بین عرض مزویدیستال طوق دندان‌های مجاور طبق فرمول ۱۰ نوع دندان برحسب آسیاب بزرگ و کوچک معین می‌شود:

$$ratio = \frac{MNW(t_1)}{MNW(t_2)} \quad (10)$$

t_1 و t_2 دو دندان نمونه است. به خاطر استفاده از نسبت دندان‌ها در یک تصویر، این قاعده نسبت به تغییر مقیاس مقاوم است. همچنین با توجه به آناتومی طبیعی دندان‌ها [۵] از قاعده ۵ به شرح ذیل می‌توان برای تصحیح نوع دندان‌ها استفاده نمود.

قاعده‌ی ۵: ترتیب دندان‌های آسیاب بزرگ و کوچک باید با یکی از الگوهای زیر مطابقت داشته باشد:

(ربع چپ تصویر)

$PM, PMM, PMMM, PPM, PPMM, PPMMP$

(ربع راست تصویر)

$MP, MMP, MMMP, MPP, MMPP, MMMPP$

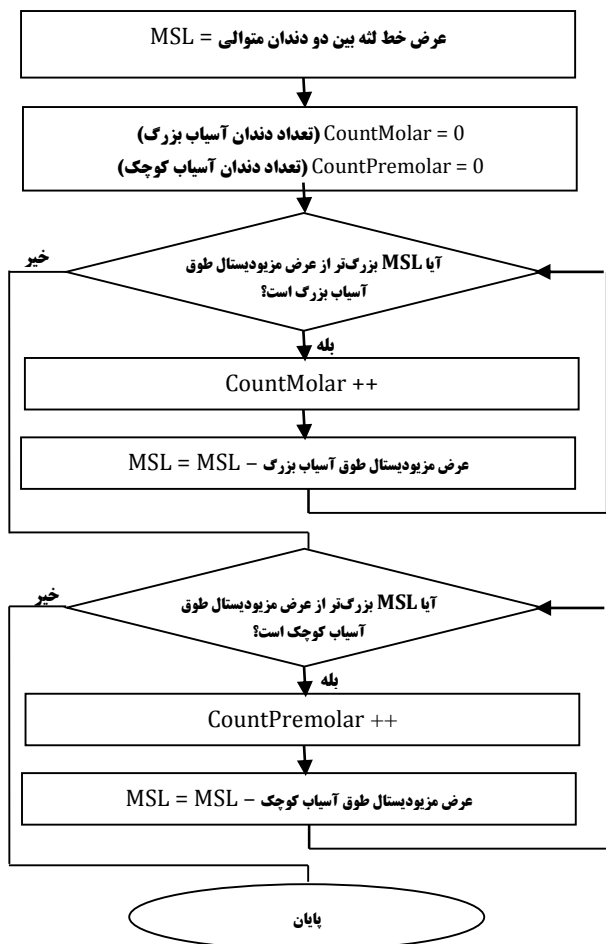
در این مقاله، برحسب M نشان‌دهنده دندان آسیاب بزرگ،

P آسیاب کوچک و NM دندان غیر آسیاب بزرگ است.

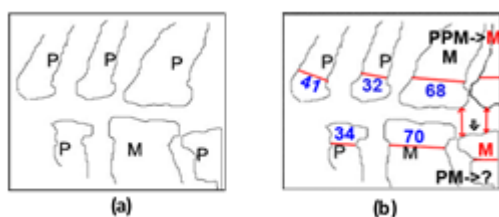
در شکل (۸)، تصویری بعنوان نمونه ارائه شده است که تأثیر

دو قاعده‌ی ۴ و ۵ روش پیشنهادی به خوبی در آن مشهود است.

که در گوشه‌ی تصویر قرار دارند بطور صحیح‌تر تشخیص داده شوند. براساس قاعده‌ی ۶، دندان‌هایی که در فک مقابل خود در مجاورت دو دندان آسیاب بزرگ باشد، بصورت دندان آسیاب بزرگ تشخیص داده می‌شود. به‌این‌ترتیب، در صورت وجود دندان کشیده شده شماره‌ی دندان‌هایی که خارج از ترتیب‌های ذکر شده در قاعده ۵ باشند، تصحیح می‌گردند.



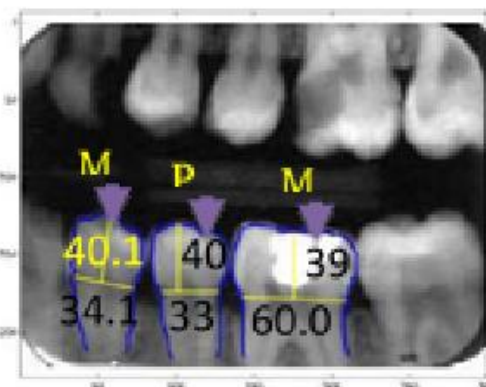
شکل (۹) - دیاگرام روش پیشنهادی برای شناسایی تعداد و نوع دندان کشیده



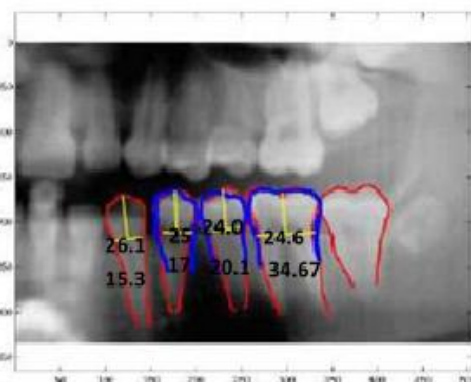
شکل (۱۰) - نحوه استفاده از قاعده ۶

۲-۴- روش پیشنهادی برای بازشناسی دندان‌ها

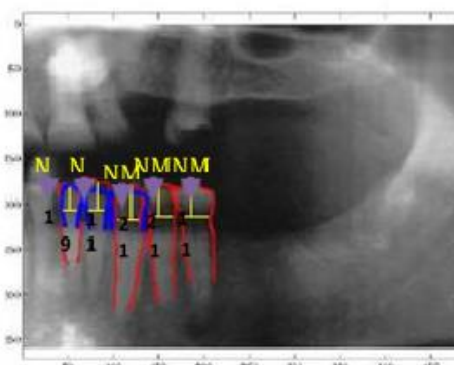
برای بازشناسی هویت انسان پس از مرگ، لازم است که تصاویر پایگاه داده‌ی دندان‌های خلفی در حداقل یک فک با دندان‌های هم شماره‌ی آن شخص که در پرونده‌ی دندان‌پزشکی او موجود است، مورد مقایسه و بازشناسی قرار گیرد. همان‌گونه که در شکل (۱۱) مشخص شده‌است، ویژگی مورد نظر در این مقاله برای بازشناسی دندان‌ها خط محیطی دندان‌ها می‌باشد. باید توجه داشت که فرآیند مقایسه و بازشناسی در پایگاهی بزرگ



(الف)



(ب)



(ج)

شکل (۸) - نمونه‌ای از بازیابی دقیق‌تر روش پیشنهادی به واسطه استفاده از قواعد ۴ و ۵ نسبت به روش جین و چن [۱۲]. (الف) تصویر جستجو، (ب) تصویر بازیابی شده توسط روش پیشنهادی، (ج) تصویر بازیابی شده توسط جین و چن

با آن در تصویر بعد از مرگ می‌تواند به صورت شکسته، درمان شده و یا کشیده شده باشد. برای تشخیص شکستگی در تاج دندان از روش مطرح شده در [۲۰] استفاده می‌شود.

قاعده‌ی ۸: بررسی دندان کشیده شده- در صورتی که دندانی در تصویر قبل از مرگ کشیده شده باشد، دندان متناظر در تصویر بعد از مرگ می‌تواند کشیده شده و یا به صورت دندان مصنوعی در آن مکان وجود داشته باشد. برای تشخیص دندان کشیده شده از روش ارائه شده در [۲۰] استفاده می‌شود.

قاعده‌ی ۹: بررسی دندان کاشته شده- در صورتی که دندان در تصویر قبل از مرگ کاشته شده باشد، در تصویر بعد از مرگ می‌تواند به صورت کاشته شده وجود داشته باشد یا دندانی در آن مکان وجود نداشته باشد.

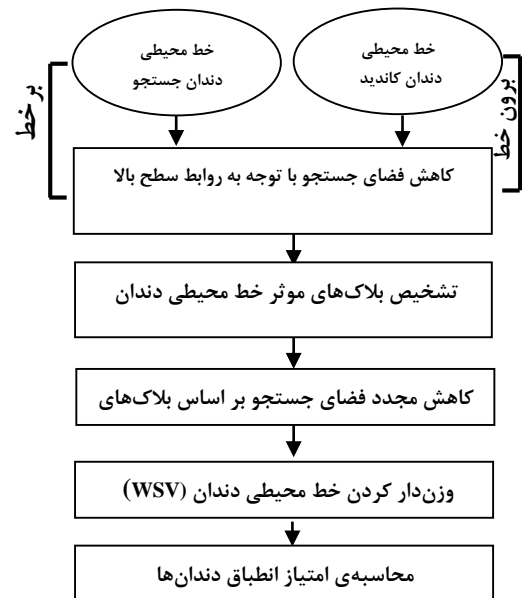
لازم به ذکر است، برای تشخیص نواحی درمان شده نظیر دندان‌های پر شده، کاشته شده، روکش شده و یا دندان مصنوعی از دندان‌های سالم، چون این نواحی ظاهری روشن‌تر از دیگر بخش‌های دندان دارند، از آستانه گیری روی تاج و برای تشخیص درمان ریشه از آستانه گیری روی ریشه استفاده می‌شود.

قاعده‌ی ۱۰: دندان پر شده- در صورتی که دندانی در تصویر قبل از مرگ پر شده باشد، دندان هم شماره با آن در تصویر بعد از مرگ می‌تواند پر شده، مصنوعی و یا کشیده شده باشد.

قاعده‌ی ۱۱: درمان ریشه- در صورتی که قبل از مرگ دندانی در درمان ریشه داشته باشد، دندان هم شماره با آن در تصویر بعد از مرگ می‌تواند دندانی با درمان ریشه، دندان مصنوعی و یا کشیده شده باشد.

قاعده‌ی ۱۲: بررسی دندان مصنوعی پل- در صورتی که در تصویر قبل از مرگ پل دیده شود، در تصویر بعد از مرگ انتظار می‌رود در آن مکان پل وجود داشته باشد و یا به صورت کشیده شده دیده شود. برای تشخیص دندان پل باید دندان‌های کناری را مورد بررسی قرارداد. تاج دندان‌های کناری باید به صورت روکش شده و ریشه به صورت طبیعی باشد. در مکان دندانی که پل گذاشته شده، تاج بصورت روکش شده دیده می‌شود، اما در قسمت ریشه تنها استخوان وجود دارد که با آستانه گیری ساده قابل تشخیص است.

از سوابق دندان پزشکی، می‌تواند بسیار وقت گیر باشد و به کاهش دقت نیز منجر گردد. در این مقاله روشی خاص برای کاهش فضای جستجو و سپس مقایسه دندان به دندان ارائه شده است. طرح کلی این روش در نمودار شکل (۱۱) نمایش داده شده است و جزئیات آن نیز در زیر بخش‌های این قسمت ارائه می‌شود.



شکل (۱۱)- نمودار کلی روش پیشنهادی برای تشخیص خودکار هویت

۱-۲-۴- کاهش فضای جستجو با توجه به روابط سطح بالا

همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد، بازشناسی هویت در این مقاله بر اساس بازشناسی و تطبیق دندان‌های خلفی می‌باشد. باید توجه داشت که مقایسه دندان‌های هم شماره ممکن است همیشه امکان‌پذیر نباشد. به طور مثال، ممکن است یک دندان پس از مرگ بشکند. در نتیجه باید پیش از مقایسه دندان به دندان، امکان‌پذیری مقایسه در مورد این دندان خاص بررسی شود و میزان تأثیر نتیجه‌ی آن در افزایش دقت و سرعت بازشناسی ارزیابی شود. تشخیص این امر در این مقاله بر اساس روابط معین موجود در بین دندان‌های خلفی مجاور صورت می‌گیرد، که این روابط طی قواعد ۷ الی ۱۲ به شرح زیر می‌باشند:

قاعده‌ی ۷: بررسی دندان شکسته- در صورتی که در تصویر قبل از مرگ دندان شکسته‌ای وجود داشته باشد، دندان هم شماره

۲-۲-۴- تشخیص بلاک‌های مؤثر خط محیطی دندان

در این مقاله برای استخراج ویژگی از دندان‌ها و مقایسه دندان به دندان ویژگی‌ها، به این نکته توجه شده که تمام نقاط روی خط محیطی دندان در بازشناسی هویت، دارای ارزش یکسانی نیستند. چون ممکن است بین تصویر قبل و پس از مرگ اختلاف زمانی وجود داشته باشد و تغییراتی طبیعی در شکل دندان ایجاد گردند، مانند ساییدگی. چون خط محیطی دندان کوچک است، حتی ساییدگی کم در سطح وسیعی از دندان می‌تواند موجب اختلافی چشمگیر شود. برای کاهش این مشکل، در این مقاله پیشنهاد شده است تا به منظور افزایش دقت تشخیص هویت فرد، به نقاط خط محیطی وزن اختصاص داده شود.

در راستای این هدف، ابتدا تصاویر شامل خط محیطی دندان‌ها، نسبت به اندازه، کجی و انتقال به شرح زیر تراز می‌شوند. تصحیح کجی دندان‌ها، در مرحله‌ی جدا کردن تاج از ریشه، با استفاده از روش ارائه‌شده در [۱۱] انجام شده است. برای آن‌که تصاویر دندان‌ها مستقل از مقیاس گردند، روش پیشنهادی ما تراز نمودن تصاویر تمامی دندان‌های هم‌شماره بر اساس یکسان‌سازی عرض مزودیستال است. بنابراین تفاوت‌های باقیمانده در اندازه‌ی تاج دندان‌ها مربوط به تفاوت ذاتی دندان‌ها است. پس از این تنظیمات برای مستقل نمودن تصاویر از انتقال، یک مستطیل در اطراف دندان‌های هم‌شماره محاط می‌کنیم، به نحوی که چپ‌ترین نقطه از خط محیطی دندان به ضلع چپ این مستطیل چسبیده باشد. با این کار تعداد پیکسل‌های موجود در ناحیه‌ی مشخص‌کننده‌ی هر دندان نیز برابر خواهد شد. سپس تصاویر تراز شده‌ی هر دندان، به بلوک‌های ۸×۸ بدون هم‌پوشانی تقسیم و درصد ناحیه‌ی دندان در هر بلوک شامل خط محیطی محاسبه می‌شود. سپس با محاسبه‌ی تفاوت پیکسل‌های ناحیه دندان بین بلوک‌های متناظر از تصویر جستجو و تصاویر پایگاه داده، طبق رابطه‌ی ۱۱، بخش‌های مشابه و غیرمشابه از خط محیطی یافت می‌شوند. نتایج تجربیات ما نشان می‌دهد که بخش‌های غیرمشابه خط محیطی دندان نقش بیشتری در تشخیص هویت ایفا می‌کنند. لذا به این بخش‌ها، بلوک‌های مؤثر می‌گوییم.

$$\frac{|N(BQ_i) - N(BD_i)|}{S} \leq k_1 \quad (11)$$

در رابطه (۱۱) پارامترها به شرح زیر می‌باشند:

$N(BQ_i)$: تعداد پیکسل‌های ناحیه دندان در تأمین بلاک از تصویر جستجو.

$N(BD_i)$: تعداد پیکسل‌های ناحیه دندان در تأمین بلاک از تصویر پایگاه داده.

S : تعداد پیکسل‌های بلاک (۶۴ پیکسل).

k_1 : آستانه شباهت بین بلاک‌ها.

۳-۲-۴- کاهش مجدد فضای جستجو

اگر در حین جستجو بین دندان‌های هم‌شماره در پایگاه داده با تصویری مواجه شویم که بیش از ۵۰٪ بلوک‌های خط محیطی آن، بلوک‌های غیرمشابه باشند، آن تصویر از ادامه‌ی محاسبات حذف می‌شود. زیرا فرض می‌شود که ساییدگی و تحلیل دندان در طول زمان نسبت به تصویر قبل از مرگ به حدی است که مقایسه دو دندان فاقد ارزش است. افزودن این بخش به فرایند بازشناسی به افزایش دقت و کاهش بار محاسباتی روش پیشنهادی می‌انجامد.

۴-۲-۴- وزن‌دار کردن خط محیطی دندان‌ها (WSD)

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد تمام بلاک‌های خط محیطی دندان دارای ارزش یکسانی در بازشناسی هویت نیستند. لذا پس از تشخیص بلاک‌های مؤثر، به جای استفاده از روش سنتی بردار امضا (SV^1) که توسط نومیر و مطلب [۱] روی خط محیطی دندان به کار گرفته شد، در این مقاله از روش پیشنهادی بردار امضای وزن‌دار یا اصطلاحاً WSV^2 استفاده نموده‌ایم. در روش پیشنهادی WSV ، وزن بیشتری به بلاک‌های مؤثر داده اختصاص داده می‌شود. این کار از طریق افزایش نرخ نمونه‌برداری در بخش‌های مؤثر خط محیطی انجام شده است. در روش پیشنهادی، تعداد نمونه‌های انتخاب‌شده از بخش‌های مؤثر، k_2 بار بیشتر از نمونه‌های انتخاب‌شده از بخش‌های کم‌اثرتر خط محیطی است.

^۲ Weighted Signature Vector

^۱ Signature Vector

۵-۲-۴- محاسبه امتیاز انطباق دندان‌ها

پس از استخراج ویژگی‌های خط محیطی دندان با روش پیشنهادی WSD در این مرحله به محاسبه امتیاز انطباق تصویر دندان‌های تصویر قبل و پس از مرگ، پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه در هر تصویر ثبت‌شده از دندان‌های افراد مجموعه‌ای از چند دندان وجود دارد، هنگام جستجوی تصویر پس از مرگ (PM^1) در پایگاه داده‌ی قبل از مرگ (AM^2) باید تصویری با بیشترین تعداد دندان‌های هم شماره‌ی منطبق یافت گردد. لذا برای یافتن چنین تصویری در پایگاه و تعیین هویت فرد متوفی، امتیاز انطباق دندان‌ها طبق مراحل ذیل محاسبه می‌گردد.

ابتدا در مرحله‌ی قطعه‌بندی، تصویر جستجو و تصاویر پایگاه داده به تعدادی زیر تصویر تقسیم می‌شوند، که هر زیر تصویر دربرگیرنده‌ی یک دندان است. با توجه به توزیع پیکسل-های دندان در بلوک‌های متناظر، نمونه‌هایی از خط محیطی دندان‌ها انتخاب می‌گردند.

فرض می‌شود که تصویر جستجو و تصویر پایگاه داده با رابطه (۱۲) تعریف شوند:

$$\begin{aligned} PM_e &= [pm_{ei}]_{k*k} \\ AM_{eT} &= [AM_{eiT}]_{k*k} \\ \begin{cases} i = 1, \dots, 200 & e = 1 \\ T = 1, \dots, N & k = 8 \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

در رابطه (۱۲)، N تعداد کل تصاویر پایگاه، k اندازه ابعاد بلاک یعنی ۸ است و C تعداد دندان‌های موجود در یک تصویر جستجوی PM است. عبارت PM_e دندان شماره e از تصویر جستجو و AM_{eT} دندان هم شماره e از T امین تصویر پایگاه داده است. هر دندان به ۲۰۰ بلوک 8×8 تقسیم می‌شود و i شماره‌ی بلوک را تعیین می‌کند. هر بلوک نظیر $[pm_{ei}]_{8 \times 8}$ دارای ۶۴ پیکسل است، که در آن پیکسل‌های متعلق به نقاط نمونه‌برداری شده از خط محیطی دندان برابر با یک و بقیه برابر با صفر می‌باشند. بدین ترتیب بلوک‌هایی که شامل خط محیطی نیستند در کل صفر بوده و از محاسبات خارج می‌شوند.

$$MD_{PM_e, AM_{eT}} = \sum_{i=1}^{200} \sum_{m,n=1}^k \left| \frac{pm_{ei}}{m*n} - \frac{am_{eiT}}{m*n} \right| \quad (13)$$

پس با استفاده از رابطه‌ی (۱۳)، فاصله‌ی بین جفت دندان هم شماره‌ی PM_e و AM_e بدست می‌آید. با محاسبه‌ی این مقدار برای تمام دندان‌های هم شماره در کل پایگاه داده و مرتب نمودن این مقادیر بطور نزولی، کمترین مقدار MD مربوط به بهترین انطباق دندان قبل از مرگ بدست می‌آید. بهترین تصویر منطبق، تصویری است که دارای بیشترین امتیاز انطباقی باشد و به عبارت دیگر بیشترین تعداد دندان بازیابی شده‌ی آن در رتبه یک بازیابی شود.

۵- نتایج عملی

در این بخش نتایج آزمایش‌های عملی صورت گرفته بر روی روش پیشنهادی به منظور ارزیابی و مقایسه کارایی آن با روش‌های موجود، ارائه شده است. برای نشان دادن کارایی انطباق دندان‌ها به روش پیشنهادی، آزمایش‌هایی بر روی مجموعه‌ای از داده‌ها شامل ۱۲۴ تصویر بایتوینگ، ۱۱ تصویر غیربایتوینگ قبل از مرگ و ۳۷ تصویر بایتوینگ پس از مرگ انجام شده اند.

بخشی از این تصاویر برگرفته از پایگاه داده‌ی تصاویر رادیوگرافی دندان CJIS [۲۶، ۲۷] می‌باشند و باقی تصاویر با همکاری دانشگاه دندان پزشکی تهران و یک مرکز رادیولوژی دندان جمع‌آوری شده اند. مجموعه داده‌ی جمع‌آوری شده به نحوی است که شامل انواع لالکان‌ها از قبیل دندان کشیده شده، شکسته شده، پر شده، درمان ریشه، دندان مصنوعی و ... می‌باشد.

نظر به اینکه چنین تنوعی در مجموعه داده‌های مورد استفاده در کارهای پیشین وجود نداشت، به منظور دستیابی به ارزیابی جامع‌تری از روش پیشنهادی و کارهای پیشین، الگوریتم روش‌های مرتبط پیشین [۱، ۹، ۱۱، ۲۰] بر روی این مجموعه‌ی متنوع، مجدداً پیاده‌سازی شدند و تمام روش‌ها با داده‌های یکسان مورد ارزیابی قرار گرفتند. در ادامه نتایج آزمایش‌های مختلف روی این مجموعه داده ذکر می‌شوند.

به منظور مقایسه نتایج روش‌های مختلف پیشنهادی و پیشین، از بستر آزمایشی یکسان با مجموعه داده‌های ذکر شده و سخت‌افزار مجهز به پردازنده اینتل دو هسته‌ای ۲ گیگاهرتز و

^۱Antemortem^۲Postmortem

پیشنهادی در بازشناسی نوع دندان‌های آسیاب به تفکیک کوچک و بزرگ یا فک بالا و پایین دقت مطلوبی دارد و به دلیل لحاظ نمودن ویژگی مقاوم عرض مزودیستال و در نظر گرفتن حالات مختلف با قواعد ۱ تا ۷، دقت آن همواره نسبت به روش‌های ماهور و عبدالمطلب [۹] و لین و همکاران [۱۱] برتری دارد.

سطر آخر جدول (۲) نشان‌دهنده اعمال قاعده ۳ بر روی تصاویر است، که بیانگر موفقیت ۱۰۰ درصدی این قاعده در تشخیص دندان‌های خلفی است. با ذکر این مطلب که بازشناسی دندان‌های خلفی/غیر خلفی در کارهای پیشین انجام نشده است.

۲-۵- نتایج بازشناسی دندان‌ها

در طول مرحله ب، هر دندان تصویر جستجو قطعه‌بندی، دسته‌بندی و شماره‌گذاری می‌شود. سپس ویژگی WSV هر تصویر جستجو با دندان‌های هم شماره از تصاویر پایگاه داده مقایسه می‌شود. منطبق‌ترین فک، فکی است که بیشترین تعداد دندان هم‌شماره و با کمترین مقدار MD را داشته باشند. در ادامه تأثیر دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها، نمونه‌برداری SV، کاهش فضای جستجو بر بازشناسی دندان‌ها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۲-۵- تأثیر روش دسته‌بندی و شماره‌گذاری

پیشنهادی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، انطباق ویژگی‌ها روی دندان‌های هم‌شماره انجام می‌شود. بنابراین، صحت روش دسته‌بندی و شماره‌گذاری منجر به بهبود نتایج تشخیص هویت می‌شود. در این آزمایش برای نشان دادن تأثیر عملی دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها روی بازشناسی دندان‌ها، ۳۷ تصویر به عنوان تصویر جستجو مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. جدول (۳) این تأثیر را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در این جدول برای بخش بازشناسی در همه حالات از روش سنتی SV استفاده شد، تا فقط تأثیر روش دسته‌بندی و شماره‌گذاری پیشنهادی مشاهده گردد.

۴ گیگابایت حافظه رم استفاده شده است. همچنین در قسمت‌های دسته‌بندی و بازشناسی از محیط برنامه نویسی متلب^۱ و در قسمت‌های مربوط به پایگاه داده و بازیابی تصاویر از زبان برنامه‌سازی دلفی^۲ و نرم‌افزار مدیریت پایگاه داده اس کیوال سرور^۳ استفاده شده است.

۱-۵- نتایج دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها

در این بخش نتایج دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها به دندان آسیاب بزرگ، آسیاب کوچک و دندان غیر خلفی مطرح می‌شوند. آثار انتخاب‌شده جهت مقایسه، تحقیقات ماهور و لین [۹، ۱۱] می‌باشند که از مطالعات بنیادین در بخش دسته‌بندی و شماره‌گذاری محسوب می‌گردند و در مراجع جدیدتری نظیر [۲۸-۳۰] نیز مورد ارجاع و استفاده قرار گرفته‌اند.

جدول (۲) دربردارنده‌ی نتایج مقایسات روش دسته‌بندی و شماره‌گذاری پیشنهادی و دو روش پایه‌ی پیشین بر روی پایگاه داده‌ی ذکر شده می‌باشد.

جدول (۲) - مقایسه درصد دقت روش‌های دسته‌بندی و

شماره‌گذاری دندان‌ها

| روش | روش [۹] | روش [۱۱] | روش پیشنهادی |
|---------------------------|---------|----------|--------------|
| دندان آسیاب کوچک فک بالا | ۴۹.۰۳ | ۸۰.۴۱ | ۹۸.۰۵ |
| دندان آسیاب بزرگ فک بالا | ۴۴.۰۰ | ۶۸.۲۵ | ۹۹.۰۲ |
| دندان آسیاب کوچک فک پایین | ۴۲.۴۵ | ۷۱.۹۴ | ۹۹.۱۴ |
| دندان آسیاب بزرگ فک پایین | ۴۵.۵۴ | ۶۳.۶۴ | ۹۷.۹۸ |
| دندان غیر خلفی | ۰ | ۰ | ۱۰۰ |

چهار سطر ابتدایی جدول (۲)، درصد دقت الگوریتم‌های دسته‌بندی و شماره‌گذاری پیشنهادی طبق مفاد مندرج در بخش ۴-۱ را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهند که روش

^۲ SQL Server

^۱ Matlab

^۳ Delphi

جدول (۳) - تاثیر دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها بر بازشناسی دندان‌ها

| روش | تعداد تصویر صحیح بازیابی شده در رتبه‌ی | | | | | | |
|----------------------------------|--|---|---|---|---|-----------------------|------|
| | ۱ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | بیش از ۶ و کمتر از ۱۰ | درصد |
| SV با دسته‌بندی به روش ماهور [۹] | ۱۲ | ۱ | ۲ | ۱ | ۲ | ۶ | ۷۵ |
| SV با دسته‌بندی به روش لین [۱۱] | ۱۲ | ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | ۶ | ۸۳ |
| SV با دسته‌بندی به روش پیشنهادی | ۱۳ | ۴ | ۲ | ۲ | ۲ | ۶ | ۹۱ |

بر اساس جدول (۴)، دقت این روش ۲۸٪ نسبت به روش SV برتری دارد. از طرفی، تصاویر جستجوی استفاده شده در ارزیابی روش پیشنهادی تقریباً هشت سال با تصاویر قبل از مرگ در پایگاه داده اختلاف زمانی دارند. پس می‌توان با توجه به دقت خوب WSV پس از این بازه، نتیجه گرفت WSV به خوبی توانسته اثر منفی ساییش و تحلیل جزئی دندان‌ها را با گذشت زمان در بازشناسی هویت خنثی نماید.

۳-۲-۵- تأثیر کاهش فضای جستجو

همان‌طور که در بخش‌های قبل گفته شد، WSV در مرحله‌ی بازشناسی دندان‌ها، به مقایسه‌ی دندان‌های هم شماره می‌پردازد. از آنجا که روش WSV مبتنی بر ویژگی‌های ظاهری دندان است، در صورتی که شکل دندان‌ها دچار تغییرات شدیدی نظیر شکستگی، پرکردگی، کشیدگی، درمان ریشه و کاشت دندان شود، دقت روش کاهش می‌یابد. زیرا در این حالت، انطباق ویژگی‌های دندان‌های هم شماره نه تنها کمکی به دقت بازشناسی نمی‌کند، بلکه موجب اتلاف وقت نیز می‌شود. در این حالت لازم است با استفاده از قواعد ۷ تا ۱۲ طبق مطالب بخش ۴-۲-۲-۱ فضای جستجو کاهش یابد. جدول (۵) تأثیر کاهش فضای جستجو بر بازشناسی دندان‌ها را نشان می‌دهد. طبق این جدول استفاده از قواعد ۷ تا ۱۲ و کاهش فضای جستجو باعث شده که تمام دندان‌های مرتبط در رتبه زیر ۵ بازیابی شوند. در صورتی که بدون استفاده از این قواعد، برخی دندان‌ها در رتبه ۱۰ نیز قرار می‌گرفتند.

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، تعداد تصاویر بازیابی شده در رتبه‌های بالاتر برای روش پیشنهادی بیشتر است و در کل بر اساس این جدول، دسته‌بندی و شماره‌گذاری پیشنهادی به ۸ الی ۱۶ درصد دقت بیشتر در مرحله بازشناسی، نسبت به روش‌های پیشین منجر شده است.

۲-۲-۵- تأثیر روش نمونه‌برداری پیشنهادی WSV

همان‌طور که در بخش ۴.۲.۴ بیان شد، با ارائه‌ی روشی جدید برای نمونه‌برداری، ویژگی جدید WSV پیشنهاد شده است. در این بخش تأثیر این ویژگی جدید مورد بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا برای تنظیم پارامتر k_1 (آستانه شباهت بین بلوکی) در فرمول ۳ و پارامتر k_2 (ضریب افزایش نرخ نمونه‌برداری) که در الگوریتم استفاده شده است، ۲۰٪ از تصاویر پایگاه داده به عنوان مجموعه آموزشی، به طور تصادفی انتخاب شدند. سپس با تنظیم پارامترهای k_1 و k_2 روی این مجموعه به ترتیب به مقادیر متناسب ۰/۳ و ۱/۵ دست یافتیم و در تمام آزمایشات بعدی از این مقادیر استفاده نمودیم.

در جدول (۴) نتایج ارزیابی تشخیص هویت با روش پیشنهادی و روش‌های پیشین ارائه شده‌اند. همان‌طور که مشخص است، روش پیشنهادی نتایج دقیق‌تری را در بازیابی تصاویر ارائه می‌دهد. اشتباهات روش پیشنهادی به دلیل استخراج نادرست خط محیطی دندان در مرحله‌ی قطعه‌بندی و یا مشخص نبودن بخشی از دندان در تصویر است. البته در این جدول تمام عوامل دیگر نظیر روش دسته‌بندی و ... برای هر دو روش یکسان در نظر گرفته شدند تا تنها اثر وزن‌دار کردن بلوک‌های مؤثر خط محیطی دندان طبق روش WSV بررسی گردد.

جدول (۴) - تأثیر نمونه برداری WSV بر بازشناسی دندان‌ها

| روش | تعداد تصویر صحیح بازیابی شده در رتبه‌ی | | | | | | | |
|-----|--|---|---|---|---|---|-----------------------|------|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | بیش از ۶ و کمتر از ۱۰ | درصد |
| SV | ۱۱ | ۴ | ۲ | ۱ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷۲ |
| WSV | ۱۸ | ۷ | ۳ | ۲ | ۱ | ۳ | ۳ | ۱۰۰ |

جدول (۵) - تأثیر کاهش فضای جستجو بر بازشناسی دندان‌ها

| روش | تعداد تصویر صحیح بازیابی شده در رتبه‌ی | | | | | | | |
|------------------------|--|---|---|---|---|---|-----------------------|------|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | بیش از ۶ و کمتر از ۱۰ | درصد |
| WSV | ۱۸ | ۷ | ۳ | ۲ | ۱ | ۳ | ۳ | ۱۰۰ |
| WSV و تأثیر قواعد ۱۲۵۷ | ۲۳ | ۸ | ۴ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ | ۱۰۰ |

۴-۲-۵- مقایسه با روش‌های پیشین

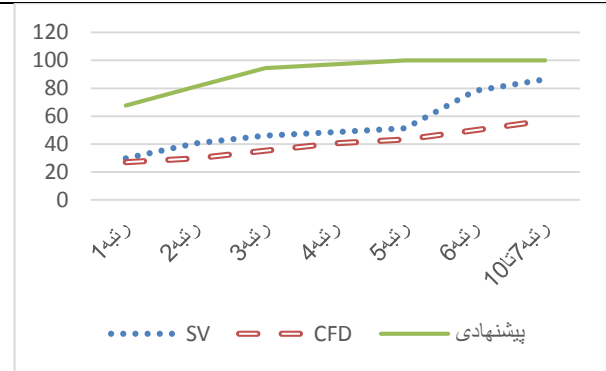
در این بخش به ارزیابی نسخه نهایی روش پیشنهادی با در نظر گرفتن تمامی قواعد مطرح شده در فصل ۴ از طریق مقایسه آن با دو مورد از روش‌های پیشین می‌پردازیم. روش اول، روش نومیر و همکارانش است، که از بردار امضا (SV) استفاده کردند [۱]. روش دوم روش بهبود یافته‌ی توصیفگر فوریه یا CFD نام دارد [۹، ۲۰]. روش اول خود یک روش پایه‌ای است و روش دوم اصلاحی بر روش پایه‌ای توصیفگر فوریه است. هر دو روش مبتنی بر خط محیطی دندان می‌باشند و در

پژوهش‌های اخیر نظیر [۲۳، ۳۱] نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به جهت ارزیابی و مقایسه، تمامی این روش‌ها با تنظیمات مناسب در بستر آزمایش یکسان پیاده‌سازی شده‌اند و با مجموعه داده‌ی معرفی شده، مورد آزمایش قرار گرفتند. دقت کنید که مطالعات پیشین ذکر شده در مراجع، در مرحله‌ی پیش‌پردازش از دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها استفاده نکرده‌اند. نتایج ارزیابی در جدول (۶) و نمودار کارایی در شکل (۱۲) ارائه شده‌اند. رتبه‌های بازیابی در تمامی شرایط، برتری روش پیشنهادی را بر روش‌های پیشین نشان می‌دهد.

جدول (۶) - مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های پیشین

| روش | تعداد تصویر صحیح بازیابی شده در رتبه‌ی | | | | | | |
|---------------------------|--|---|---|---|---|---|-----------------------|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | بیش از ۶ و کمتر از ۱۰ |
| SV | ۱۱ | ۴ | ۲ | ۱ | ۱ | ۶ | ۷ |
| CFD | ۱۰ | ۱ | ۲ | ۲ | ۱ | ۱ | ۴ |
| روش پیشنهادی (نسخه نهایی) | ۲۵ | ۵ | ۵ | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ |

- [2] O. Nomir, M. Abdel-Mottaleb, Hierarchical contour matching for dental X-ray radiographs. *Pattern Recognition*, 2008. 41: p. 130 – 138.
- [3] J. Zhou, M. Abdel-Mottaleb, A content-based system for human identification based on bitewing dental X-ray images. *Pattern Recognition*, 2005. 38: p. 2132 – 2142.
- [4] ع. خاقانی، کالبدشناسی انسانی آناتومی سر و گردن، ۱۳۷۱.
- [5] ح. بهناز، الف. اشفق، آناتومی و مورفولوژی دندان، ۱۳۸۵.
- [6] A. Jain, H. Chen, S. Minut, *Dental Biometrics: Human Identification Using Dental Radiographs*, in AVBPA 2003: Guildford, U.K. p. 429–437.
- [7] A. Jain, H. Chen, Matching of dental X-ray images for human identification. *Pattern Recognition*, 2004. 37: p. 1519 – 1532.
- [8] J. Zhou, M. Abdel-Mottaleb, Automatic Human Identification based on Dental X-Ray Images, in SPIE Conference on Defense and Security-Biometric Technology for human Identification. 2004.
- [9] M. Mahoor, M. Abdel-Mottaleb, Classification and numbering of teeth in dental bitewing images. *Pattern Recognition*, 2005. 38: p. 577 – 586.
- [10] S. Kiattisin et al., A Match of X-ray Teeth Films Using Image Processing Based on Special Features of Teeth, in SICE IEEE: Japan. 2008.
- [11] 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*, 2010. 43(4): (p. 1380–1392).
- [12] T.F. Smith, M.S. Waterman, Identification of common molecular subsequences. *Mol. Biol.*, 1981. 147: p. 195–197.
- [13] A.K. Jain, H. Chen, Alignment and matching of dental radiographs. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2005. 27(8): (p. 1319-1326).
- [14] O. Mythili, Multi resolution dental image registration based on genetic algorithm. in Department of Electrical and Computer Engineering, WVU, USA, 2005.
- [15] J. Ostuni et al., Registration of dental radiographs using projective geometry, in Biomedical Engineering, 1993 Rutgers: Piscataway, New Jersey, USA. 1993.
- [16] H. Park, T. Schoepflin, Y. Kim, Active contour model with gradient directional information: Directional snake. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2001. 11(2): p. 252-256.
- [17] H. Chen, A. Jain, Tooth Contour Extraction for Matching Dental Radiographs. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2004: p. 522-525.
- [18] M. Abdel-Mottaleb et al., Challenges of developing an automated dental identification system, in IEEE Mid-West Symposium for Circuits and Systems 2003: Cairo, Egypt.



شکل (۱۲) - منحنی‌های کارایی انطباق

۶- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این پژوهش، روشی جدید برای تشخیص دندان‌های خلفی از میان تصاویر ورودی ارائه گردید. همچنین برای بازشناسی هویت بر اساس خط محیطی دندان‌ها، روشی موسوم به WSN نیز ارائه شد که در آن به جای نمونه‌برداری یکنواخت از خط محیطی دندان، از قسمت‌های مؤثرتر خط محیطی با نرخ بالاتری نمونه‌برداری صورت می‌گیرد. این ویژگی جدید در کنار سایر موارد پیشنهادی نظیر دسته‌بندی و شماره‌گذاری دندان‌ها و همچنین کاهش فضای جستجو، یک چارچوب کاری مناسب برای بازشناسی هویت افراد از طریق تصاویر دندان پدید می‌آورد. نتایج ارزیابی روش پیشنهادی و مقایسه‌ی آن با روش‌های پیشین، کارایی روش را نشان می‌دهند. در این پژوهش تنها از شکل خط محیطی دندان به‌عنوان ویژگی برای تشخیص هویت استفاده شد.

از آنجایی که شکل دندان بر اثر عوامل زیادی دچار تغییر می‌شود، سعی داریم تا در آینده، از ویژگی‌های ظاهری دندان نظیر میزان پرکردگی دندان در تشخیص هویت استفاده کنیم.

۷- سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین به جهت حمایت از این طرح پژوهشی تشکر و قدردانی می‌گردم.

۸- مراجع

- [1] O. Nomir, M. Abdel-Mottaleb, A system for human identification from X-ray dental radiographs. *Pattern Recognition*, 2005. 38: p. 1295-1305.

- Dental Images, in ICACTE. 2010, IEEE: China.
- [26] A. Abaza et al., Automated Dental Identification System (ADIS) in Testing Mode. 8th Annual International Digital Government Research Conference, 2007.
- [27] D. E. Nassar, H. Ammar, A Prototype Automated Dental Identification System (ADIS). Lane Department of Computer Science and Electrical Engineering, West Virginia University, 2003.
- [28] M. L. Tangel, C. Fatichah, F. Yan, J. P. Betancourt, M. R. Widyanto, F. Dong, K. Hirota, Dental Numbering for Periapical Radiograph Based on Multiple Fuzzy Attribute Approach. Journal ref: Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 18(3), 253-261, 2014.
- [29] V. Pushparaj, B. Arumugam, U. Gurunathan, A variant approach for human forensic identification using dental radiographs with skeleton and contour. International Journal of Signal and Imaging Systems Engineering, 8(1-2), 59-67, 2015.
- [30] V. Pushparaj, U. Gurunathan, B. Arumugam, Victim identification with dental images using texture and morphological operations. Electronic Imaging, 2014.
- [31] B. C. Gowda et al., Histological appearance of postmortem pink teeth: Report of two cases. Journal of forensic dental sciences, 2015. 7(2): p. 168.
- [19] D. Zhang, G. Lu, A comparative study on shape retrieval using fourier descriptors with different shape signatures, in Intelligent Multimedia and Distance Education (ICIMADE01). 2001. p. 1-9.
- [۲۰] آیینی، ف.، محمودی، ف.، تشخیص هویت انسان بر اساس ویژگی‌های دندان مبتنی بر تبدیل فوریه و کاهش فضای جستجو، in انجمن رمز ایران ۲۰۱۰، IEEE: ایران.
- [21] P.L. Lin, Y.H. Lai, P.W. Huang, Dental biometrics: Human identification based on teeth and dental works in bitewing radiographs. Pattern Recognition, 2012. 45(3): p. 934-946.
- [22] D. Frejlichowski, P. Czapiewski, An Application of the Curvature Scale Space Shape Descriptor for Forensic Human Identification Based on Orthopantomograms, in In Computer Information Systems and Industrial Management, Springer Berlin Heidelberg. 2013. p. 67-76.
- [23] P.L. Lin et al., Teeth segmentation of dental periapical radiographs based on local singularity analysis. Computer methods and programs in biomedicine, 2014. 113(2): p. 433-445.
- [24] A. E. Rad et al., Computer-Aided Dental Caries Detection System from X-Ray Images, in In Computational Intelligence in Information Systems. 2015, Springer International Publishing. p. 233-243.
- [25] F. Aeini, F. Mahmoudi, Classification and Numbering of Posterior Teeth in Bitewing