

Applications of artificial intelligence technology in dentistry

Mohammad Hossein Ronaghi^{1,*}, Atefeh Bagheri²

1- Associate Professor, Department of Management, Faculty of Economics, Management and Social Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

2- Medical Student, School of Medicine, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Article Info

Article type:
Original Article

Article History:
Received: 8 May 2023
Accepted: 23 Sep 2023
Published: 28 Sep 2023

Corresponding Author:
Mohammad Hossein Ronaghi

Department of Management, Faculty
of Economics, Management and
Social Sciences, Shiraz University,
Shiraz, Iran

(Email: mh_ronaghi@shirazu.ac.ir)

Abstract

Background and Aims: Artificial intelligence (AI) technology is widely used in dentistry in addition to numerous other sectors that impact human life, including medicine. A dentist can use AI technology to analyze patient data, diagnostic processes, and management activities. This study was conducted in Iran to identify the dental applications of AI and prioritize them.

Materials and Methods: In the winter of 2022, this applied research was carried out in two stages using a mixed method. In the qualitative phase, 570 articles from 2011 to 2022 were identified in the databases of PubMed, Web of Science, Scopus and Google Scholar among the studies in the field of dentistry and related to artificial intelligence technology based on keywords and then the applications of artificial intelligence in dentistry were extracted. In the quantitative phase, the identified applications prioritized by a group of experts comprised 13 University faculty members with related research areas using the best-worst method (BWM).

Results: The factors identified in the first stage of research were classified into six categories: implant and surgery, executive management, disease diagnosis, analysis of images, clinical prediction, and orthodontics. According to the experts' opinion, it was determined that medical photo analysis had the highest coefficient of importance (0.252) followed by orthodontics (0.234), disease diagnosis (0.151), implantology and surgery (0.143), clinical forecasts (0.127), and executive management (0.093).

Conclusion: Dentists can use the capabilities of artificial intelligence in examining patients' teeth and diagnostic tests in dentistry based on the analysis of patient information. Information technology policymakers with the support and reinforcement of knowledge-based companies active in the field of artificial intelligence and joint investment in the field of medicine can be the basis for progress and the development of this technology in the country and the field of treatment.

Keywords: Artificial intelligence, Dentistry, Machine learning, Data analysis

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2023;36:10

Cite this article as: Ronaghi MH, Bagheri A. Applications of Artificial Intelligence Technology in Dentistry. J Dent Med-TUMS. 2023;36:10.



کاربردهای فناوری هوش مصنوعی در دندانپزشکی

محمد حسین رونقی^{۱*}، عاطفه باقری^۲

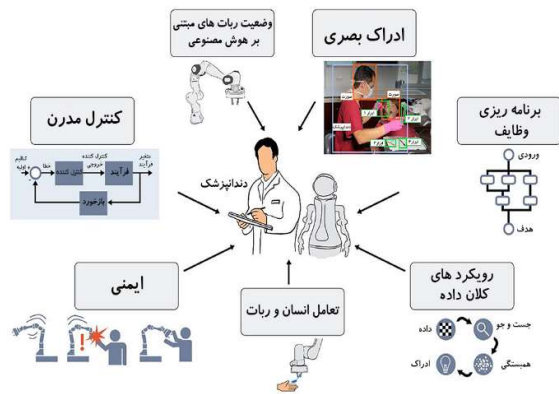
- ۱- دانشیار گروه آموزشی مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
 ۲- دانشجوی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۸ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۶</p> <p>نویسنده مسؤول: محمد حسین رونقی</p> <p>گروه آموزشی مدیریت، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (Email: mh_ronaghi@shirazu.ac.ir)</p>	<p>زمینه و هدف: فناوری هوش مصنوعی (AI) به طور گسترده در دندانپزشکی و در بسیاری از زمینه‌های دیگر که زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از جمله پزشکی کاربرد دارد. یک دندانپزشک می‌تواند از فناوری هوش مصنوعی جهت تحلیل داده‌های مربوط به بیمار، فرایندهای تشخیصی و مدیریت فعالیت‌ها استفاده کند. این تحقیق با هدف شناسایی کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه دندانپزشکی و ارزیابی اولویت آن‌ها در ایران انجام شد.</p> <p>روش بررسی: این پژوهش کاربردی در دو مرحله با رویکرد آمیخته در زمستان ۱۴۰۱ انجام شد. در مرحله کیفی از بین مطالعات حوزه دندانپزشکی و مرتبط با فناوری هوش مصنوعی تعداد ۵۷۰ مقاله از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ در پایگاه‌های PubMed, Web of Science, Scopus و Google Scholar بر اساس واژگان کلیدی در ابتدا شناسایی شد و سپس کاربردهای هوش مصنوعی در دندانپزشکی استخراج گردید. در مرحله کمی کاربردهای شناسایی شده توسط گروهی از خبرگان متشکل از ۱۳ نفر از اعضای هیات علمی دانشگاه که دارای زمینه تحقیقاتی مرتبط بودند با استفاده از روش بهترین-بدترین اولویت بندی شدند.</p> <p>یافته‌ها: مولفه‌های شناسایی شده در مرحله اول پژوهش در شش طبقه ایمپلنت و جراحی، مدیریت اجرایی، تشخیص بیماری، تحلیل عکس، پیش‌بینی بالینی و ارتودنسی طبقه‌بندی شد. مطابق نظر خبرگان پژوهش مشخص گردید تحلیل عکس پزشکی دارای بیشترین ضریب اهمیت (۰/۲۵۲) بود و سپس به ترتیب کاربردهای دیگر یعنی ارتودنسی (۰/۲۳۴)، تشخیص بیماری (۰/۱۵۱)، ایمپلنتولوژی و جراحی (۰/۱۴۳)، پیش‌بینی‌های بالینی (۰/۱۲۷) و مدیریت اجرایی (۰/۰۹۳) قرار گرفت.</p> <p>نتیجه‌گیری: دندانپزشکان در بررسی وضعیت دندان‌های بیماران و تست‌های تشخیصی در دندانپزشکی بر اساس تحلیل اطلاعات مراجعه کنندگان از قابلیت‌های هوش مصنوعی می‌توانند استفاده کنند. سیاست‌گذاران حوزه فناوری اطلاعات با حمایت و تقویت شرکت‌های دانش بنیان فعال در حوزه هوش مصنوعی و سرمایه‌گذاری مشترک در حوزه پزشکی می‌توانند زمینه ساز پیشرفت و توسعه این فناوری در کشور و حوزه درمان شوند.</p> <p>کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، دندانپزشکی، یادگیری ماشینی، تحلیل داده</p> <p>مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران دوره ۳۶ مقاله ۱۰، ۱۴۰۲</p>

مقدمه

با توجه به شبکه‌های منطقه‌ای و یا جهانی مانند اینترنت موجود و استفاده از ابزارهای ارتباطی و تعاملی، تولید داده در سطح دنیا رو به گسترش است. از همین‌رو فناوری‌های مرتبط با تحلیل داده نقش مهمی در خلق ارزش برای صنایع و کسب‌وکارهای مختلف ایفا می‌کنند (۱). شناسایی قابلیت‌های این فناوری‌ها و بکارگیری آن‌ها می‌تواند زمینه ساز پیشرفت، بروزرسانی و کیفیت بهتر خدمات ارائه شده شود (۲). اصطلاح هوش مصنوعی به مفهوم توانایی ماشین‌ها در انجام وظایف انسانی اشاره دارد. یادگیری ماشینی یکی از حوزه‌های فرعی هوش مصنوعی است که الگوهای آماری موجود در داده‌ها را شناسایی می‌کند تا در نهایت پیش‌بینی‌های مربوط به داده‌ها را انجام دهد (۳). هوش مصنوعی می‌تواند به طور مشابه همانند انسان فکر کند. حتی پیش‌بینی می‌شود این فناوری از توانایی‌های انسانی فراتر خواهد رفت و قادر خواهد بود که فراتر از تحلیل ما یاد بگیرد و تصمیم‌گیری کند (۴). فناوری‌های پیشرفته مانند رباتیک، سیستم‌های خیره و برنامه‌های هوش مصنوعی به اجزای جدایی ناپذیر استراتژی‌های کسب‌وکار و سیاست‌های فناوری اطلاعات تبدیل شده‌اند. سیستم‌های تشخیص صدا، دستیارهای مجازی، سیستم‌های توصیه آنلاین، چت بات‌ها و اتومبیل‌های خودران نمونه‌های بکارگیری فناوری هوش مصنوعی می‌باشند (۵). با توجه به روند رو به رشد و میزان تقاضای موجود این فناوری، انقلاب هوش مصنوعی با انقلاب صنعتی مقایسه می‌شود (۶).

هوش مصنوعی باعث تغییر در ساختار کسب و کارها و شیوه کاری افراد شده است (۷). با پیدایش هوش مصنوعی در اواسط دهه ۱۹۰۰، در حیطه‌های وسیعی از پزشکی به منظور اهداف مختلف مورد استفاده قرار گرفت (۸). پزشکان آموزش‌دیده از تصاویر پزشکی برای تشخیص، شناسایی و پایش بیماری‌ها استفاده می‌کنند. روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در تشخیص خودکار الگوهای پیچیده در داده‌های تصویربرداری و ارائه ارزیابی‌های تحلیلی داده بیماران کاربرد دارند (۴). با توجه به پیشرفت‌های فناورانه در حال حاضر هوش مصنوعی در پزشکی و حوزه‌های مرتبط مانند دندانپزشکی از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. این امر می‌تواند در بسیاری از زمینه‌های کمک به انسان و کمک فناوری‌های جدید مفید باشد. در شکل ۱ نمونه تأثیر فناوری بر دندانپزشکی را نشان می‌دهد (۹).



شکل ۱- حوزه‌های کاربردی فناوری دیجیتالی در دندانپزشکی (۹)

شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق بخشی از هوش مصنوعی هستند و شبیه مغز انسان عمل می‌کنند و می‌توانند تحلیل دقیقی از داده انجام دهند و تصمیم‌های سریع بگیرند. هوش مصنوعی و استفاده از شبکه‌های عصبی در سال‌های اخیر به سرعت پیشرفت کرده است و پیش‌بینی می‌شود تبدیل به ابزاری جدا ناپذیر در دندانپزشکی مدرن آینده باشد. مزیت این فناوری، کارایی، دقت و صرفه جویی در زمان، طول تشخیص و برنامه ریزی درمانی بهتر است (۱۰). الگوریتم‌های هوش مصنوعی به ویژه یادگیری عمیق پیشرفت قابل توجهی را در تشخیص بیماری و تحلیل داده‌های تصویری نشان داده‌اند. در حوزه‌های بالینی بکارگیری فناوری هوش مصنوعی برای تبدیل کامل گردش کار دیجیتالی ضروری است (۱۱). دندانپزشک با بررسی حرکت تاج و ریشه دندان‌ها با کمک فناوری هوش مصنوعی می‌تواند مشکلات احتمالی دندان‌ها را تشخیص دهد (۱۲). بر همین اساس مطالعات مختلفی در خصوص بکارگیری فناوری هوش مصنوعی و ابزارهای مربوطه در حوزه‌های دندانپزشکی انجام شده است.

در مطالعه مرور سیستماتیک Revilla-León و همکاران (۱۳) و مطالعه تجربی Kurt Bayrakdar و همکاران (۱۴) کاربردهای مهم هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی در بهبود و تسهیل روند درمانی ایمپلنت دندان اشاره شد. از منحنی یادگیری هوش مصنوعی توسعه یافته برای برنامه‌ریزی ایمپلنت دندان استفاده می‌شود (۱۵). در مطالعه دیگر رویکردی مبتنی بر یادگیری عمیق برای شناسایی و طبقه بندی مشکلات رایج در بخش‌های مختلف دندان یعنی حفره‌ها، کانال ریشه، تاج‌های دندانی و عصب‌کشی ارائه شد (۱۲). بررسی دستورالعمل‌ها کارآزمایی

این ابزارها می‌کند و این مورد شکاف پژوهشی در ایران محسوب می‌شود. از همین رو پژوهش حاضر به دنبال پاسخ دو پرسش زیر است:

۱- موارد کاربرد هوش مصنوعی در حوزه دندانپزشکی کدام است؟

۲- کدام کاربرد هوش مصنوعی اهمیت و اولویت بیشتری مطابق نظر خبرگان حوزه دندانپزشکی ایران دارد؟

روش بررسی

این پژوهش از منظر هدف کاربردی است و با رویکرد آمیخته اکتشافی (کیفی- کمی) انجام شد. بازه زمانی مطالعه زمستان ۱۴۰۱ بود. فاز اول پژوهش با استفاده از مرور نظامند و تحلیل محتوای مطالعات پیشین انجام شد و سعی در استخراج کاربردهای فناوری هوش مصنوعی و ابزارهای مرتبط در حوزه دندانپزشکی در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ شد. تحلیل محتوا تکنیکی پژوهشی برای استنباط و استخراج معتبر از داده‌ها در مورد متن یا سند است. در این روش پژوهشگر با بررسی و تحلیل متن به استخراج کدهای مرتبط با هدف مطالعه می‌پردازد. جامعه آماری در این قسمت پژوهش، مطالعات انجام شده در بازه مورد نظر در خصوص کاربرد هوش مصنوعی در دندانپزشکی بود. بر اساس استراتژی جستجو پژوهش، پایگاه‌های معتبر علمی Scopus، PubMed، Web of Science و Google Scholar مورد ارزیابی قرار گرفتند. واژگان کلیدی مطابق با MeSH جهت جستجوی اولیه در جدول ۱ نشان داده شده است که به صورت تکی و ترکیبی استفاده شدند.

بالینی و طراحی پروتکل‌هایی مبتنی بر هوش مصنوعی از دیگر قابلیت‌های این فناوری در حوزه پزشکی و دندانپزشکی می‌باشد (۱۶). در مطالعه مروری Ahmed و همکاران (۱۷) به قابلیت‌های ابزارهای هوش مصنوعی در دندانپزشکی پرداخته شد. تشخیص تغییر شکل صورت مبتنی بر اسکن داخل دهانی و صورت با استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در مطالعه Hung و همکاران (۱۸) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین آزمایشگاه‌های دندانپزشکی با استفاده از فناوری هوش مصنوعی می‌توانند از میلیون‌ها نمونه ثبت شده و تحلیل داده موجود برای ایجاد طرح‌های بهتر برای پروتز استفاده کنند (۱۹). قابلیت‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در تشخیص ناهنجاری‌های دندان و درمان ارتودنسی کاربرد دارد (۲۰، ۲۱). در پژوهش دیگر قابلیت استفاده از فناوری‌های مجازی و هوش مصنوعی را در آموزش و تشخیص دندانپزشکی نشان داده شد (۲۲).

پیشرفت‌ها و نوآوری‌های فناورانه زیادی در حوزه دندانپزشکی در حال تجربه و تغییر الگو به سمت هوش مصنوعی و علوم داده است (۱۶) لذا رویکردی جامع در شناسایی قابلیت‌ها و کاربردهای این فناوری حائز اهمیت می‌باشد. از سوی دیگر پیاده سازی هوش مصنوعی و استفاده از نرم افزارها و تجهیزات سخت‌افزاری مربوطه نیاز به سرمایه گذاری ویژه دارد لذا اولویت بندی کاربردهای این فناوری با توجه به وضعیت جامعه ایران و نظر خبرگان این حوزه کمک زیادی به استقرار و برنامه ریزی

جدول ۱- کلیدواژه‌های جستجو

کلید واژگان	نمونه واژگان ترکیبی
Artificial intelligence	Artificial intelligence and Dentistry
Machine learning	Machine learning and Dentistry
Neural networks	Data analysis and Dentistry
Data analysis	Artificial intelligence and Orthodontics
Dentistry	Machine learning and Orthodontics
Orthodontics	Data analysis and Orthodontics
Endodontics	Artificial intelligence and Implantology
Oral and maxillofacial surgery	Machine learning and Implantology
Therapeutic Dentistry	Data analysis and Implantology
Radiology	Artificial intelligence and Dental Diagnoses
Restorative dentistry	Machine learning and Dental Diagnoses
Periodontics	Data analysis and Dental Diagnoses
Implantology	Artificial intelligence and Periodontics
Dental Diagnoses	Machine learning and Periodontics

بدترین با تعیین اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها و ترجیح کلیه معیارها بر بدترین ملاک با تعیین مقیاس بین ۱ تا ۹، وزن معیارها مشخص می‌شود. در این روش با استفاده از حداقل مقایسات زوجی و در نتیجه کمترین ناسازگاری، پژوهش در زودترین زمان ممکن به نتیجه مطلوب می‌رسد. پرسشنامه وزندهی استاندارد است و در آن در ابتدا از بین متغیرها با اهمیت ترین و کم اهمیت ترین بر اساس نظر فرد پاسخگو شناسایی سپس سایر متغیرها با این دو مقایسه می‌شوند. به دلیل رفع هرگونه ابهام، راهنمای تکمیل جداول و شماره تماس پژوهشگر در پرسشنامه اضافه گردید. همچنین از مشارکت‌کنندگان خواسته شد که بدون هرگونه پیش قضاوتی یا تعصب پاسخ خود را وارد کنند. گام‌های این روش عبارتند از (۲۵):

گام اول- مشخص کردن مجموعه معیارها

گام دوم- مشخص کردن بهترین (به عبارت دیگر مطلوب‌ترین و مهم‌ترین) و بدترین (نامطلوب‌ترین و بی‌اهمیت‌ترین) معیارها
گام سوم- مشخص کردن میزان عملکرد بهترین معیار در برابر سایر معیارها

گام چهارم- مشخص کردن عملکرد همه معیارها نسبت به بدترین معیار با استفاده از اعداد ۱ تا ۹

گام پنجم- بر اساس بردار مقایسات مراحل سوم و چهارم مدل برنامه ریزی خطی برای اوزان بهینه طراحی می‌شود و حل این مدل وزن‌های نهایی هر متغیر را مشخص می‌سازد.

ملاحظات اخلاقی

پژوهشگران موارد اخلاقی و امانتداری در خصوص ارائه نتایج و تحلیل داده‌ها را رعایت کردند. شرکت خبرگان در این مطالعه داوطلبانه بوده و پرسشنامه‌ها بدون ذکر نام جمع آوری شدند. در هر مرحله از پژوهش مشارکت‌کنندگان اجازه خروج داشتند.

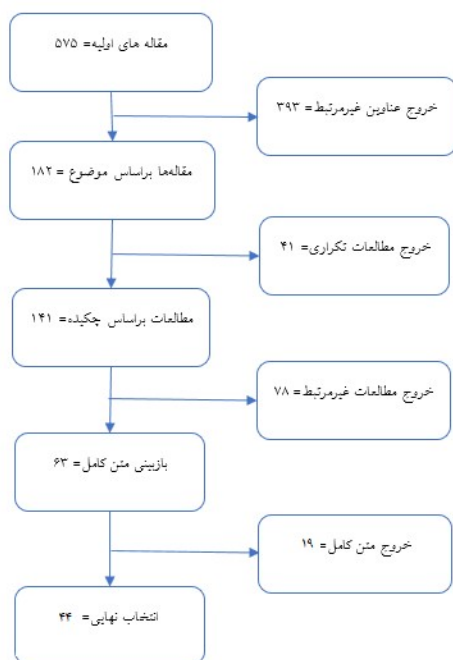
یافته‌ها

بر اساس معیارهای بازه زمانی مقاله، واژگان کلیدی، روش پژوهش (کمی و کیفی)، نمایه در پایگاه‌های مورد استفاده و زبان مقاله در ابتدا ۵۷۰ مقاله دریافت شد. در مرحله اول مقاله‌هایی که انطباق با موضوع را نداشتند حذف شدند و تعداد ۱۸۲ منبع علمی شناسایی شد. در مرحله بعد

منظور از جستجوی ترکیبی یعنی قرار گرفتن واژگان مرتبط با حوزه دندانپزشکی در کنار واژگان مرتبط با فناوری هوش مصنوعی می‌باشد. کدها و کاربردهای استخراج شده در ادامه طبقه بندی شدند و برای تأیید طبقه بندی صورت گرفته از مقایسه با نظر ارزیاب دیگر استفاده شد. برای ارزیابی میزان توافق بین پژوهشگر و ارزیاب مد نظر از شاخص کاپای کوهن استفاده شد. شاخص کاپا فقط برای متغیرهایی استفاده می‌شود که هم سطح سنجش آن‌ها یکی باشد و هم تعداد طبقاتشان با یکدیگر برابر باشد. مقدار شاخص کاپا بین صفر تا یک نوسان دارد، هرچه مقدار این سنجه به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان می‌دهد که توافق بیشتری بین ارزیابان وجود دارد (۲۳).

در بخش دوم تحقیق جهت ارزیابی کاربردهای شناسایی شده از هوش مصنوعی در جامعه ایران از نظر خبرگان استفاده شد. این مرحله از تحقیق جهت برنامه ریزی و پیاده سازی فناوری هوش مصنوعی با توجه به زیرساخت‌های موجود در کشور حائز اهمیت است. به صورت هدفمند برای ۲۲ نفر از اعضای هیات علمی دارای زمینه تحقیقاتی در حوزه فناوری اطلاعات و علوم پزشکی نامه درخواست مشارکت ارسال شد که در نهایت ۱۳ نفر پرسشنامه را تکمیل نمودند. با توجه به نو ظهور بودن کاربرد هوش مصنوعی در حوزه دندانپزشکی از افراد دارای زمینه تحقیقاتی در این زمینه استفاده شد. این افراد از اعضای هیات علمی دانشگاه‌های شیراز، تهران، اصفهان، علوم پزشکی شیراز، علوم پزشکی تهران و شهید بهشتی در رشته‌های دندانپزشکی، پزشکی، مدیریت فناوری اطلاعات و مهندسی کامپیوتر (هوش مصنوعی) و همگی مرد بودند. خبرگان دارای مقاله‌های چاپ شده در پایگاه‌های علمی معتبر با کلید واژگان مرتبط با هدف پژوهش بودند. در مدت ۲۲ روز اطلاعات پرسشنامه‌ها به صورت الکترونیکی جمع آوری شد. جهت وزندهی کاربردهای استخراج شده از مرحله اول پژوهش از روش بهترین- بدترین استفاده شد. بهترین- بدترین یک تکنیک بسیار قوی تصمیم گیری چند معیاره است و به طور گسترده‌ای توسط محققان در سراسر جهان به کار برده شده است (۲۴). این روش به داده‌های مقایسه‌ای کمتری نسبت به روش‌های وزندهی دیگر نیاز است و در زمانی که تعداد معیارهای بیش از سه عدد است با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی جواب قابل اطمینانی در مقایسه با مدل برنامه‌ریزی غیر خطی ارائه می‌دهد. اساس این روش اندازه گیری معیارها با مقایسه زوجی است. در بهترین-

حل مدل برنامه‌ریزی خطی در گام پنجم روش بهترین- بدترین نتایج بهینه وزندهی را مشخص می‌سازد که در جدول ۳ نشان داده شده است. بر این اساس مشخص شد که بر اساس تجمیع نظر خبرگان استفاده از فناوری‌های تحلیل داده و هوش مصنوعی در تحلیل عکس‌های پزشکی و رادیولوژی در اولویت است و سپس ارتودنسی و تشخیص بیماری از کاربردهای مهم بعدی بکارگیری این فناوری در حوزه دندانپزشکی ایران محسوب می‌شود.



شکل ۲- فرایند بررسی و انتخاب مطالعات

۴۱ منبع دارای محتوای تکراری بودند که از فرایند بررسی خارج شدند. در مرحله بعد با مطالعه چکیده نبود تطابق ۷۸ منبع محرز شد و متن کامل ۶۳ مقاله مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت تعداد ۴۴ مقاله به بررسی کاربردهای مورد نظر هوش مصنوعی پرداخته بودند. کیفیت ۴۴ منبع بر اساس چک لیست مروری CASP (Critical Appraisal Skills Programme) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای کنترل سوگیری از نظر سه خبره فعال در حوزه فناوری که دارای مقاله علمی معتبر در حوزه هوش مصنوعی بودند در خصوص منابع نهایی استفاده شد. میانگین امتیاز خبرگان در خصوص موضوع، سؤال پژوهش، نوع پژوهش، تطابق، کیفیت ارزیابی، دقت و نتایج پژوهش محاسبه شد. ظرف ۱۱ روز نظر خبرگان این مرحله دریافت و ۴۴ مقاله امتیاز قابل قبول را به دست آوردند. در شکل ۲ فرایند غربال‌گری و انتخاب مطالعات مرتبط نشان داده شده است.

کاربردهای شناسایی شده از هوش مصنوعی و ابزارهای مرتبط در حوزه دندانپزشکی در قالب شش بعد طبقه بندی شد. جهت تأیید طبقه بندی صورت گرفته توسط یک خبره آشنا با حوزه دندانپزشکی و هوش مصنوعی و دارای مقاله مرتبط مجدداً طبقه بندی صورت گرفت. برای تأیید طبقه بندی از شاخص کاپا استفاده شد. با استفاده از نرم افزار SPSS، عدد معنی‌داری ۰/۰۰۱ / آزمون کای دو و مقدار شاخص ۰/۷۵۶ / فرض محاسبه شد. با توجه به کوچک‌تر بودن عدد معنی‌داری از ۰/۰۵، فرض استقلال مؤلفه‌ها استخراجی رد می‌شود، بنابراین می‌توان ادعا کرد که توافق بین دو ارزیاب وجود داشته است. جدول ۲ کاربردهای شناسایی شده به همراه مؤلفه‌های هر کاربرد که یافته‌های مرحله یک پژوهش است نشان داده شده است.

جدول ۲- کاربردهای هوش مصنوعی در دندانپزشکی بر اساس مرور مطالعات گذشته

منابع	مؤلفه‌ها	کاربردهای فناوری
(۱۳، ۱۴) (۲۶-۳۰)	ایمپلنت، ایمپلنتولوژی، جراحی فک و صورت، جراحی لثه و ترمیمی	ایمپلنت و جراحی
(۳۱-۳۸)	مدیریت عملکرد، هدایت بیمار، خدمات از راه دور، ارتباط مجازی و آموزش	مدیریت اجرایی
(۳۹-۵۰)	آزمایشات اولیه، تحلیل داده بیمار	تشخیص بیماری
(۱۸) (۲۶) (۳۹) (۵۱-۵۳)	رادیولوژی، اسکن، رادیوگرافی، OPG	تحلیل عکس
(۲۲) (۵۴-۵۷)	شبیه‌سازی مجازی، رشد افراد، توسعه بیماری	پیش بینی بالینی
(۲۰، ۲۱) (۵۸-۶۴)	ارتودنسی، ارتودانتیکس	ارتودنسی

جدول ۳- نتایج و وزن‌های کاربردهای هوش مصنوعی

وزن شاخص	کاربردهای فناوری
۰/۲۵۲	تحلیل عکس
۰/۲۳۴	ارتودنسی
۰/۱۵۱	تشخیص بیماری
۰/۱۴۳	ایمپلنت و جراحی
۰/۱۲۷	پیش بینی بالینی
۰/۰۹۳	مدیریت اجرایی

بحث و نتیجه گیری

Monill-González و همکاران (۲۱) و کاربرد هوش مصنوعی در ارتودنسی را نشان داد و در پژوهش‌های Putra و همکاران (۲۶) و Hung و همکاران (۶۰) قابلیت فناوری هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در رادیولوژی و ارتودنسی نمایان شد. نتایج ذکر شده مطابقت با کاربردهای فناوری هوش مصنوعی در ارتودنسی و تحلیل عکس از یافته‌های تحقیق پیش‌رو بود. همچنین نتیجه مطالعه Moosavi-Movahedi (۸) نشان داد برای دستیابی به اهداف راهبردی سلامت دیجیتال باید کوشش کرد تا علم پزشکی را با هوش مصنوعی و سیستم‌های دیجیتالی پیوند داد. این نتیجه تایید کننده اهمیت هوش مصنوعی و شناسایی کاربردهای آن در حوزه‌های پزشکی و درمان است. یافته مطالعه مروری Ahmed و همکاران (۱۷) آشکار ساخت که دندانپزشکان می‌توانند از هوش مصنوعی برای اطمینان از درمان با کیفیت، نتیجه و دقت بهتر در مراقبت از سلامت دهان استفاده کنند و هوش مصنوعی می‌تواند به پیش‌بینی شکست در سناریوهای بالینی کمک کند و بر اساس تحلیل داده موجود راهکار مناسبی ارائه دهد نتیجه به دست آمده مطابق با کاربرد پیش‌بینی بالینی و تشخیص بیمار از یافته‌های پژوهش پیش‌رو است. نتیجه مطالعات Schwendicke و همکاران (۳) و Kurt Bayraktar و همکاران (۱۴) نیز قابلیت سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی در اندازه‌گیری ضخامت استخوان و حفره‌های دندان در دندانپزشکی را نشان دادند اگر چه مطالعه آنها به صورت تجربی بود اما هم راستا با یافته این تحقیق در خصوص کاربرد هوش مصنوعی در جراحی و تشخیص بیماری بود. در ادامه نتایج بدست آمده، Hung و همکاران (۱۸) دریافتند که تحلیل تغییر شکل صورت با استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی مبتنی بر اسکن دهان و صورت روند تحقیقاتی این حوزه در آینده خواهد بود. نتیجه تحقیق آن‌ها روند آینده

هوش مصنوعی، مشابه سایر فناوری‌های تحول آفرین، به عنوان حوزه‌ای نو ظهور در حال تغییر است. بکارگیری هوش مصنوعی در کلینیک دندانپزشکی می‌تواند باعث شود تا فرایندهای مختلف با دقت بیشتر، پرسنل کمتر و خطاهای کمتر از هم‌تایان انسانی انجام شود. این مطالعه به بررسی کاربردهای فناوری هوش مصنوعی و ابزارهای مرتبط در دندانپزشکی و تعیین اهمیت هر کدام پرداخت. در پاسخ به پرسش اول پژوهش بر اساس تحلیل محتوای مطالعات در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ پایگاه‌های علمی معتبر مشخص شد که مؤلفه‌های مختلفی همچون ایمپلنت، جراحی فک و صورت، جراحی لثه و ترمیمی، مدیریت عملکرد، هدایت بیمار، خدمات از راه دور، ارتباط مجازی، آموزش، آزمایشات اولیه، تحلیل داده بیمار، رادیولوژی، اسکن عکس از جمله کاربردهای این فناوری در حوزه دندانپزشکی است. مؤلفه‌های استخراج شده در قالب شش گروه ارتودنسی، تشخیص بیماری، تحلیل عکس پزشکی، ایمپلنت و جراحی، پیش‌بینی بالینی و مدیریت اجرایی کلینیک طبقه بندی شد. جهت پاسخ به پرسش دوم پژوهش بر اساس نظر خبرگان به ترتیب تحلیل عکس پزشکی، ارتودنسی، تشخیص بیماری، ایمپلنت و جراحی، پیش‌بینی بالینی و مدیریت اجرایی دارای بیشترین اهمیت و اولویت بودند. بر این اساس جهت استفاده از فناوری‌های تحلیل داده مطابق با هوش مصنوعی بخش رادیولوژی کلینیک‌های دندانپزشکی، ارتودنسی و تحلیل اطلاعات و سوابق بیماران در اولویت اولیه می‌باشد. سپس تجهیز بخش‌های جراحی، استفاده از فناوری‌های مجازی و دیجیتالی‌سازی فرایندهای ارتباطی با بیماران در دستور کار قرار می‌گیرد. در همین راستا نتیجه مطالعات Liu و همکاران (۲۰) و

برنامه ریزی و اولویت بندی بکارگیری این فناوری را خاطر نشان می‌سازد. نتیجه این تحقیق کاربردهای هوش مصنوعی و اهمیت آن‌ها را در حوزه دندانپزشکی مشخص ساخت. بر این اساس مدیران کلینیک‌های دندانپزشکی و دندانپزشکان در تحلیل عکس‌های OPG با استفاده از فناوری یادگیری ماشینی و داده‌کاوی مربوطه می‌توانند با دقت بالاتری نارسایی‌های موجود را شناسایی کنند. ثبت اطلاعات بیماران و استفاده از الگوریتم‌های تحلیل داده و هوش مصنوعی می‌تواند ابزار مناسبی برای تشخیص بیماری و پیش‌بینی رفتارهای آتی در اختیار پزشک قرار دهد. همچنین ارتودنتیست‌ها و سایر دندانپزشکان در بررسی وضعیت دندان‌های بیماران و تست‌های تشخیصی در دندانپزشکی بر اساس تحلیل اطلاعات مراجعه‌کنندگان از قابلیت‌های هوش مصنوعی می‌توانند استفاده کنند. سیاست‌گذاران حوزه فناوری اطلاعات با حمایت و تقویت شرکت‌های دانش بنیان فعال در حوزه هوش مصنوعی و سرمایه‌گذاری مشترک در حوزه پزشکی می‌توانند زمینه ساز پیشرفت و توسعه این فناوری در کشور و حوزه درمان شوند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کمیته محترم خبرگان این مطالعه به دلیل صرف وقت ارزشمند خود کمال تشکر و قدردانی گردد.

تضاد منافع

نویسندگان این پژوهش هیچ‌گونه تضاد منافی ندارند.

References

- 1- Ronaghi MH. The influence of artificial intelligence adoption on circular economy practices in manufacturing industries. *Environ Dev Sustain*. 2022;16(1):1-26.
- 2- Ronaghi MH. Application of augmented and virtual reality technologies in medicine. *Payavard Salamat*. 2021;14(5):394-403.
- 3- Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res*. 2020;99(7):769-74.
- 4- Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, Schwartz LH, Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer*. 2018;18(8):500-10.
- 5- Cabrera-Sánchez JP, Villarejo-Ramos ÁF, Liébana-Cabanillas F, Shaikh AA. Identifying relevant segments of AI applications adopters—Expanding the UTAUT2's variables. *Telemat Inform*. 2021;58:101529.
- 6- Sun TQ, Medaglia R. Mapping the challenges of Artificial

این حوزه مطالعاتی را نشان داده است که می‌تواند ادامه نتایج به دست آمده در مطالعه پیش‌رو با جزئیات کامل‌تر باشد.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش بررسی دامنه محدودی از مقالات پیشین بود لذا در مطالعات آتی این دامنه از لحاظ پایگاه‌های علمی می‌تواند به صورت گسترده‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد. استفاده از نظر کارشناسان که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت همواره می‌تواند با تفسیر ادراکی و پیش‌قضاوتی خطای انسانی همراه باشد. در این مطالعه کاربردهای هوش مصنوعی شناسایی و رتبه بندی شد اما جهت پیاده‌سازی این فناوری نیاز به ارزیابی زیرساخت‌های موجود از لحاظ فنی، سخت افزاری، نرم افزاری و دانش می‌باشد لذا در مطالعات آتی امکان‌سنجی پیاده‌سازی هوش مصنوعی و پذیرش این فناوری در بین کاربران ایرانی پیشنهاد می‌شود.

در این مطالعه از اعداد قطعی جهت محاسبه وزن‌ها استفاده شد جهت نزدیکی بیشتر به واقعیت پیشنهاد می‌شود از اعداد غیر قطعی فازی در مطالعات آینده استفاده شود. همچنین در این مطالعه صرفاً کاربردهای فناوری هوش مصنوعی شناسایی گردید پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی به صورت تجربی و تخصصی هر حوزه دندانپزشکی این کاربردهای به طور موردی بررسی شوند.

با توجه به پیشرفت‌های حوزه فناوری و تاثیر آن در پزشکی و حوزه‌های مربوطه، شناسایی کاربردهای فناوری‌های تحول آفرین زمینه‌ساز پزشکی مدرن و هوشمند محسوب می‌شود. از سوی دیگر هزینه بالای پیاده‌سازی فناوری هوش مصنوعی و ابزارهای مربوطه نیاز به

- Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Gov Inf Q*. 2019;36(2):368-83.
- 7- Ronaghi MH. Contextualizing the impact of blockchain technology on the performance of new firms: The role of corporate governance as an intermediate outcome. *J High Tech Manag Res*. 2022;33(2):100438.
- 8- Moosavi-Movahedi AA. The Future of Digital Health. *Sci Cult*. 2022;13(1):1-17.
- 9- Luo F, Hong G, Wan Q. Artificial Intelligence in Biomedical Applications of Zirconia. *Frontiers*. 2021;2:689288.
- 10- Ossowska A, Kusiak A, Świetlik D. Artificial Intelligence in Dentistry-Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(6):3449.
- 11- Joda T, Bornstein MM, Jung RE, Ferrari M, Waltimo T, Zitzmann NU. Recent Trends and Future Direction of Dental Research in the Digital Era. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(6):1987.

- 12- Almalki YE, Din AI, Ramzan M, Irfan M, Aamir KM, Almalki A, et al. Deep Learning Models for Classification of Dental Diseases Using Orthopantomography X-ray OPG Images. *Sensors*. 2022;22(19):7370.
- 13- Revilla-León M, Gómez-Polo M, Vyas S, Barmak BA, Galluci GO, Att W, Krishnamurthy VR. Artificial intelligence applications in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent*. 2023;129(2):293-300.
- 14- Kurt Bayrakdar S, Orhan K, Bayrakdar IS, Bilgir E, Ezhov M, Gusarev M, Shumilov E. A deep learning approach for dental implant planning in cone-beam computed tomography images. *BMC Med Imaging*. 2021;21(1):86.
- 15- Roongruangsilp P, Khongkhunthian P. The Learning Curve of Artificial Intelligence for Dental Implant Treatment Planning: A Descriptive Study. *Appl Sci*. 2021;11(21):10159.
- 16- Ibrahim H, Liu X, Rivera SC, Moher D, Chan AW, Sydes MR, et al. Reporting guidelines for clinical trials of artificial intelligence interventions: the SPIRIT-AI and CONSORT-AI guidelines. *Trials*. 2021;22(1):11.
- 17- Ahmed N, Abbasi MS, Zuberi F, Qamar W, Halim MS, Maqsood A, Alam MK. Artificial intelligence techniques: analysis, application, and outcome in dentistry—a systematic review. *BioMed Res Int*. 2021;2021(1):1-15.
- 18- Hung K, Yeung AWK, Tanaka R, Bornstein MM. Current Applications, Opportunities, and Limitations of AI for 3D Imaging in Dental Research and Practice. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):4424.
- 19- Leeson D. The digital factory in both the modern dental lab and clinic. *Dent Mater*. 2020;36(1):43-52.
- 20- Liu J, Chen Y, Li S, Zhao Z, Wu Z. Machine learning in orthodontics: Challenges and perspectives. *Adv Clin Exp Med*. 2021;30(10):1065-74.
- 21- Monill-González A, Rovira-Calatayud L, d'Oliveira NG, Ustrell-Torrent JM. Artificial intelligence in orthodontics: Where are we now? A scoping review. *Orthod Craniofac Res*. 2021;24(2):6-15.
- 22- Monterubbianesi R, Tosco V, Vitiello F, Orilisi, G, Fraccastoro F, Putignano A, Orsini G. Augmented, Virtual and Mixed Reality in Dentistry: A Narrative Review on the Existing Platforms and Future Challenges. *Appl Sci*. 2022;12(2):877.
- 23- Ronaghi MH, Zeinodinzadeh S, Alambeladi S. Identification and Ranking the Factors Affecting the Knowledge Management Implementation Using Metasynthesis Method. *J Libr Inform Sci*. 2019;22(3):112-135.
- 24- Pamučar D, Ecer F, Cirovic G, Arlasheedi MA. Application of improved best worst method (BWM) in real-world problems. *Mathematics*. 2020;8(8):1342.
- 25- Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*. 2015; 53(2015):49-57.
- 26- Putra RH, Doi C, Yoda N, Astuti ER, Sasaki K. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2022;51(1):20210197.
- 27- Ferro AS, Nicholson K, Koka S. Innovative Trends in Implant Dentistry Training and Education: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2019;8(10):1618.
- 28- Roongruangsilp P; Khongkhunthian P. The Learning Curve of Artificial Intelligence for Dental Implant Treatment Planning: A Descriptive Study. *Appl Sci*. 2021;11(21):10159.
- 29- Zhang C, Chen Z, Liu J, Wu M, Yang J, Zhu Y, et al. 3D-Printed Pre-Tapped-Hole Scaffolds Facilitate One-Step Surgery of Predictable Alveolar Bone Augmentation and Simultaneous Dental Implantation. *Composite Part B engin*. 2021;229:109461.
- 30- Bayrakdar SK; Orhan K, Bayrakdar IS, Bilgir E, Ezhov M, Gusarev M, et al. A Deep Learning Approach for Dental Implant Planning in Cone-Beam Computed Tomography Images. *BMC Med Imaging*. 2021;21(1):86.
- 31- Tanikawa C, Yamashiro T. Development of Novel Artificial Intelligence Systems to Predict Facial Morphology after Orthognathic Surgery and Orthodontic Treatment in Japanese Patients. *Sci Rep*. 2011, 15853.
- 32- Ajmera DH, Singh P, Leung YY, Gu M. Three-Dimensional Evaluation of Soft-Tissue Response to Osseous Movement after Orthognathic Surgery in Patients with Facial Asymmetry: A Systematic Review. *J Craniomaxillofac Surg*. 2021;49(9):763-74.
- 33- Thurzo A, Kurilová V, Varga I. Artificial Intelligence in Orthodontic Smart Application for Treatment Coaching and Its Impact on Clinical Performance of Patients Monitored with AI-TeleHealth System. *Healthcare*. 2021;9(12):1695.
- 34- Mucchi L, Jayousi S, Gant A, Paoletti E, Zoppi P. Tele-Monitoring System for Chronic Diseases Management: Requirements and Architecture. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7459.
- 35- Kravitz N, Burris B, Butler D, Dabney C. Teledentistry, Do-It-Yourself Orthodontics, and Remote Treatment Monitoring. *J Clin Orthod*. 2016;50(12):718-26.
- 36- Morris RS, Hoye LN, Elnagar MH, Atsawasuwan P, Galang-Boquien MT, Caplin J, et al. Accuracy of Dental Monitoring 3D Digital Dental Models Using Photograph and Video Mode. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2019;156(3):420-8.
- 37- Park JH; Rogowski L, Kim JH, al Shami S, Howell SEI. Teledentistry Platforms for Orthodontics. *J Clin Pediatr Dent*. 2021;45(1):48-53.
- 38- Mandall N, O'Brien K, Brady J;Worthington H, Harvey L. Teledentistry for Screening New Patient Orthodontic Referrals. Part 1: A Randomised Controlled Trial. *Br Dent J*. 2005;199(10):659-62.
- 39- Prados-Privado M, Villalón JG, Martínez-Martínez CH; Ivorra C, Prados-Frutos JC. Dental Caries Diagnosis and Detection Using Neural Networks: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2020;9(11):3579.
- 40- Müller A, Mertens SM, Göstemeyer G, Krois J, Schwendicke F. Barriers and Enablers for Artificial Intelligence in Dental Diagnostics: A Qualitative Study. *J Clin Med*. 2021;10(8):1612.
- 41- Moran M, Faria M, Giraldi G, Bastos L, Oliveira L, Conci, A. Classification of Approximal Caries in Bitewing Radiographs Using Convolutional Neural Networks. *Sensors*.

- 2021;21(15):5192.
- 42- Zadro`zny Ł, Regulski P, Brus-Sawczuk K, Czajkowska M, Parkanyi L, Ganz S, Mijiritsky E. Artificial Intelligence Application in Assessment of Panoramic Radiographs. *Diagnostics*. 2022;12(1):224.
- 43- De Angelis F, Pranno N, Franchina A, di Carlo S, Brauner E, Ferri A, et al. Artificial Intelligence: A New Diagnostic Software in Dentistry: A Preliminary Performance Diagnostic Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022;19(3):1728.
- 44- Mudrak J. Artificial Intelligence and Deep Learning in Dental Radiology. Available online: <https://www.oralhealthgroup.com/features/artificial-intelligence-and-deep-learning-in-dental-radiology-a-way-forward-in-point-of-care-radiology/>.
- 45- Ezhov M, Gusarev M, Golitsyna M, Yates JM, Kushnerev E, Tamimi D, et al. Clinically Applicable Artificial Intelligence System for Dental Diagnosis with CBCT. *Sci Rep*. 2021;11(1):15006.
- 46- Van Rijn RR, de Luca A. Three Reasons Why Artificial Intelligence Might Be the Radiologist's Best Friend. *Radiology*. 2020;296(1):159-60.
- 47- Bose S, Sur J, Khan F, Tuzoff D. The Scope of Artificial Intelligence in Oral Radiology- A Review. *Int J Med Health Sci*. 2020;9(4):67-72.
- 48- Orhan K, Bayrakdar IS, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of Artificial Intelligence for Detecting Periapical Pathosis on Cone-Beam Computed Tomography Scans. *Int. Endod J*. 2020;53(5):680-9.
- 49- Makaremi M, Lacaule C, Mohammad-Djafari A. Deep Learning and Artificial Intelligence for the Determination of the Cervical Vertebra Maturation Degree from Lateral Radiography. *Entropy*. 2019;21(12):1222.
- 50- Tanikawa C, Yamashiro, T. Development of Novel Artificial Intelligence Systems to Predict Facial Morphology after Orthognathic Surgery and Orthodontic Treatment in Japanese Patients. *Sci Rep*. 2021;11(1):15853.
- 51- Prados-Privado M, Villalón JG, Martínez-Martínez CH, Ivorra C. Dental Images Recognition Technology and Applications: A Literature Review. *Appl Sci*. 2020;10(8):2856.
- 52- Hung M, Hon ES, Ruiz-Negron B, Lauren E, Moffat R, Su W, et al. Exploring the Intersection between Social Determinants of Health and Unmet Dental Care Needs Using Deep Learning. *Int J Environ Res*. 2020;17(19):7286.
- 53- Mashouri P, Skreta M, Phillips J, McAllister D, Roy M, Senkaiahliyan S, et al. 3D Photography Based Neural Network Craniosynostosis Triaging System. *Proc Mach Learn Res*. 2020;136:226-37.
- 54- Turchetta B, Fishman L, Subtelny J. Facial Growth Prediction: A Comparison of Methodologies. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007;132(4):439-49.
- 55- Cao K; Choi K, Jung H, Duan L. Deep Learning for Facial Beauty Prediction. *Information*. 2020;11(8):391.
- 56- Sajedi H, Pardakhti N. Age Prediction Based on Brain MRI Image: A Survey. *J Med Syst*. 2019;43(8):279.
- 57- Iyer TJ, Rahul K, Nersisson R, Zhuang Z, Joseph Raj AN, Refayee I. Machine Learning-Based Facial Beauty Prediction and Analysis of Frontal Facial Images Using Facial Landmarks and Traditional Image Descriptors. *Comput Intell Neurosci*. 2021;2021:4423407.
- 58- Bichu YM, Hansa I, Bichu AY, Premjani P, Flores-Mir C, Vaid NR. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics: a scoping review. *Prog Orthod*. 2021;22(1):18.
- 59- Asiri SN, Tadlock LP, Schneiderman E, Buschang PH. Applications of artificial intelligence and machine learning in orthodontics. *APOS Trends Orthod*. 2020;10(1):17-24.
- 60- Hung HC, Wang YC, Wang YC. Applications of artificial intelligence in orthodontics. *Taiw J Orthod*. 2020;32(2):3.
- 61- AKDENİZ S, TOSUN ME. A review of the use of artificial intelligence in orthodontics. *J Clin Exp Med*. 2021;38(3s): 157-62.
- 62- Kök H, Acilar AM, İzgi MS. Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Progr Orthod*. 2019;20(1):41.
- 63- Sornam M. Artificial Intelligence in Orthodontics-An exposition. In 2022 6th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), IEEE. 2022. INSPEC Accession Number: 21688101.
- 64- Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Vishwanathaiah S, Maganur PC, Patil S, Naik S, et al. Scope and performance of artificial intelligence technology in orthodontic diagnosis, treatment planning, and clinical decision-making-a systematic review. *J Dent Sci*. 2021;16(1):482-92.