Letter to Editor: artificial intelligence in dental science: Machine learning perspective

Farzan Madadizadeh[1], Sajjad Bahariniya[2*]

1- Associate Professor, Medical Informatics Research Center, Institute for Future Studies in Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
2- PhD Student, Department of Healthcare Services Management, School of Health Management & Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Student Research Committee, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Letter to Editor

Article History:
Received: 25 Jan 2026
Accepted: 14 Jun 2026
Published: 23 Jun 2026

Corresponding Author:
Sajjad Bahariniya

Department of Healthcare Services Management, School of Health Management & Information Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Email: sajjadbahari98@gmail.com)

Abstract

Artificial intelligence as one of the transformative technologies of the present era, plays an increasing role in medical sciences, especially dentistry. Among the various branches of artificial intelligence, machine learning with its ability to analyze complex data, extract patterns, and provide accurate predictions, has provided a suitable platform for the development of smart dentistry. Modern dentistry faces challenges such as interpreting a large volume of radiographic images, early detection of lesions, selecting an appropriate treatment plan, and managing patient information. Challenges that can be largely resolved use machine learning algorithms. Today, deep learning models and artificial neural networks have found widespread use in analyzing dental images, diagnosing caries, predicting the success of restorative and implant treatments, designing prostheses, and supporting clinical decision-making. In addition, the integration of machine learning with technologies such as robotics, digital design, and intelligent patient monitoring systems has paved the way for precise and personalized dentistry. Despite the significant benefits of this technology, challenges such as data quality dependency, ethical issues, and the need for clinical validation has remained. Overall, machine learning has the potential to revolutionize the future of dentistry by increasing diagnostic accuracy, reducing human error, saving time and money, and improving the quality of service.

Keywords: Artificial intelligence, Machine learning, Smart dentistry, Image-based diagnosis, Oral health

Cite this article as: Madadizadeh F, Bahariniya S. Letter to Editor: artificial intelligence in dental science: Machine learning perspective. J Dent Med-TUMS. 2026;39:23. [Persian]

Copyright © 2026 Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

نامه به سردبیر: نقش تحول آفرین هوش مصنوعی در علوم دندانپزشکی: نگاهی از منظر یادگیری ماشین

فرزان مددی زاده[۱]، سجاد بهاری نیا[۲]*

۱- دانشیار، مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی، پژوهشکده آینده پژوهی در سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران؛ کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

چکیده

هوش مصنوعی به عنوان یکی از فناوری‌های تحول آفرین عصر حاضر، نقش فزاینده‌ای در علوم پزشکی و به ویژه دندانپزشکی ایفا می‌کند. در میان شاخه‌های مختلف هوش مصنوعی، یادگیری ماشین با توانایی تحلیل داده‌های پیچیده، استخراج الگوها و ارائه پیش‌بینی‌های دقیق، بستر مناسبی برای توسعه دندانپزشکی هوشمند فراهم ساخته است. دندانپزشکی مدرن با چالش‌هایی نظیر تفسیر حجم گسترده تصاویر رادیوگرافی، تشخیص زود هنگام ضایعات، انتخاب طرح درمان مناسب و مدیریت اطلاعات بیماران مواجه است. چالش‌هایی که می‌توانند با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین تا حد زیادی برطرف شوند. امروزه مدل‌های یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی مصنوعی در تحلیل تصاویر دندان، تشخیص پوسیدگی، پیش بینی موفقیت درمان‌های ترمیمی و ایمپلنت، طراحی پروتزها و پشتیبانی از تصمیم گیری بالینی کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند. افزون بر این، ادغام یادگیری ماشین با فناوری‌هایی مانند رباتیک، طراحی دیجیتال و سامانه‌های هوشمند پایش بیمار، مسیر حرکت به سوی دندانپزشکی دقیق و شخصی سازی شده را هموار کرده است. با وجود مزایای قابل توجه این فناوری، چالش‌هایی نظیر وابستگی به کیفیت داده‌ها، مسائل اخلاقی و نیاز به اعتبارسنجی بالینی همچنان مطرح هستند. در مجموع، یادگیری ماشین می‌تواند با افزایش دقت تشخیص، کاهش خطاهای انسانی، صرفه جویی در زمان و هزینه و ارتقای کیفیت خدمات، تحولی اساسی در آینده دندانپزشکی ایجاد کند.

کلید واژه‌ها: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، دندانپزشکی هوشمند، تشخیص مبتنی بر تصویر، سلامت دهان و دندان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
نامه به سردبیر

دریافت: ۱۴۰۵/۱۱/۰۵
پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۴
انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۲

نویسنده مسؤول:
سجاد بهاری نیا

گروه مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، دانشکده مدیریت و اطلاع رسانی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

(Email: sajjadbahari98@gmail.com)

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

هوش مصنوعی یکی از فناوری‌های نوین در علوم پزشکی است که به توسعه سامانه‌هایی با قابلیت شبیه سازی فرآیندهای شناختی انسان مانند یادگیری، استدلال و تصمیم‌گیری کمک می‌کند (۱). در این میان، یادگیری ماشین به عنوان زیر مجموعه‌ای از هوش مصنوعی بر توسعه الگوریتم‌هایی تمرکز دارد که از داده‌ها یاد می‌گیرند و بدون برنامه نویسی صریح قادر به پیش بینی و طبقه بندی هستند. همچنین، یادگیری عمیق (Deep Learning) به عنوان زیرشاخه‌ای از یادگیری ماشین با استفاده از شبکه‌های عصبی چند لایه، توانایی بالایی در تحلیل داده‌های پیچیده به ویژه تصاویر پزشکی دارد (۲،۳).

دندانپزشکی یکی از حوزه‌هایی است که به دلیل وابستگی گسترده به داده‌های تصویری، سوابق بالینی و تصمیم‌گیری‌های دقیق درمانی، ظرفیت بالایی برای بهره گیری از یادگیری ماشین دارد. دندانپزشکان در روند تشخیص و درمان بیماری‌های دهان و دندان با چالش‌هایی نظیر تفسیر حجم زیاد تصاویر رادیوگرافی، شناسایی ضایعات اولیه، انتخاب طرح درمان مناسب، پیش‌بینی موفقیت درمان و مدیریت اطلاعات بیماران مواجه هستند (۴). در سال‌های اخیر، یادگیری ماشین توانسته است با ارائه ابزارهای هوشمند، بخشی از این محدودیت‌ها را کاهش داده و دقت و سرعت خدمات دندانپزشکی را ارتقا دهد (۵،۶).

یادگیری ماشین و تحول در تشخیص دندانپزشکی

مهم‌ترین کاربرد یادگیری عمیق در دندانپزشکی، تحلیل تصاویر پزشکی است. الگوریتم‌های یادگیری عمیق، به ویژه شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)، در تحلیل تصاویر رادیوگرافی، CBCT و تصاویر داخل دهانی کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند (۷). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که این مدل‌ها در تشخیص پوسیدگی دندان، بیماری‌های پریودنتال و ضایعات استخوانی عملکرد امیدوار کننده‌ای داشته‌اند (۸). با این حال، باید توجه داشت که بسیاری از این نتایج در شرایط کنترل شده و با داده‌های محدود به دست آمده‌اند و ممکن است در محیط‌های واقعی بالینی با کاهش عملکرد همراه باشند.

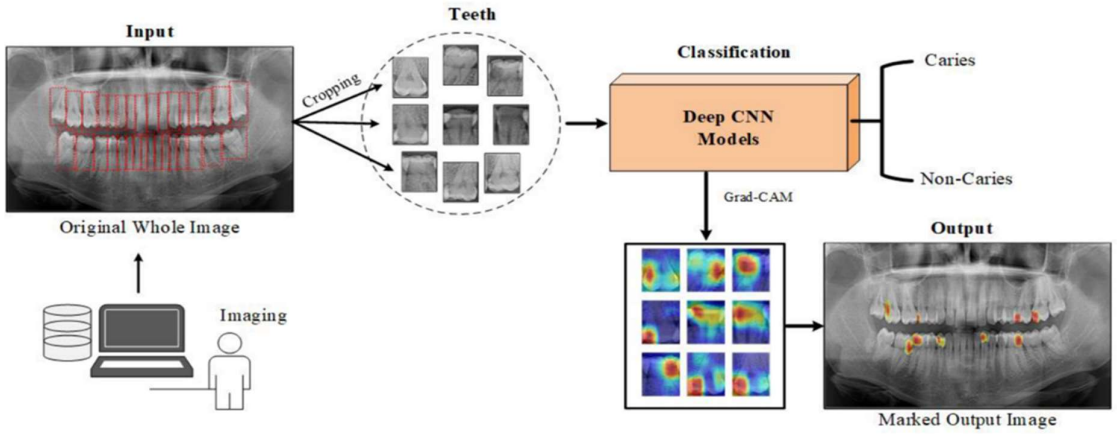
با این حال، عملکرد این الگوریتم‌ها به عواملی مانند کیفیت تصاویر، حجم داده‌های آموزشی، نحوه برچسب‌گذاری داده‌ها و شرایط اعتبارسنجی وابسته است. همچنین، بسیاری از این مطالعات در شرایط آزمایشگاهی و بر روی مجموعه داده‌های محدود انجام شده‌اند و تعمیم‌پذیری آن‌ها به محیط‌های واقعی بالینی همچنان نیازمند بررسی بیشتر است. در برخی پژوهش‌ها از مدل‌های از پیش‌آموزش‌دیده برای کاهش زمان آموزش و بهبود عملکرد استفاده شده است. افزون بر این، تکنیک‌هایی نظیر Grad-CAM برای افزایش تفسیرپذیری مدل‌ها به کار گرفته می‌شوند تا نواحی مؤثر در تصمیم‌گیری الگوریتم مشخص شوند (۱۱-۹).

شکل ۱ صرفاً یک نمایش شماتیک از روند کلی یک سیستم مبتنی بر یادگیری عمیق (Deep CNN) در تشخیص پوسیدگی دندان است. در این فرآیند، ابتدا تصویر رادیوگرافی پانورامیک به عنوان ورودی دریافت شده و نواحی دندانی استخراج می‌شوند. سپس تصویر به قطعات کوچک‌تر (cropping) تقسیم شده و هر ناحیه توسط شبکه عصبی کانولوشنی (CNN) مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در ادامه، مدل با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده اقدام به طبقه بندی نواحی به دو کلاس پوسیده (Caries) و غیر پوسیده (Non-Caries) می‌نماید. در نهایت، برای افزایش تفسیر پذیری مدل، از روش Grad-CAM جهت نمایش نواحی مؤثر در تصمیم‌گیری استفاده شده و خروجی به‌صورت نقشه حرارتی روی تصویر اصلی نمایش داده می‌شود (شکل ۱) (۱۲).

نقش یادگیری ماشین در تصمیم گیری و پیش بینی درمان

علاوه بر تشخیص، یادگیری ماشین در برنامه ریزی درمان و پیش بینی نتایج درمانی نیز کاربرد گسترده‌ای یافته است. این فناوری می‌تواند با تحلیل سوابق پزشکی، وضعیت دهان و دندان و عوامل خطر فردی، احتمال موفقیت درمان‌های مختلف را پیش‌بینی کرده و به انتخاب بهترین گزینه درمانی کمک کند (۱۳). به عنوان مثال، الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش بینی طول عمر ایمپلنت‌های دندانی، احتمال شکست ترمیم‌ها، بروز بیماری‌های پریودنتال و حتی شدت درد پس از درمان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین، استفاده از مدل‌های پیش بینانه می‌تواند امکان مداخله زود هنگام را فراهم کرده و از پیشرفت بیماری جلوگیری کند. این رویکرد، دندانپزشکی را از یک نظام درمان‌محور به سمت مراقبت‌های پیشگیرانه و شخصی سازی شده سوق می‌دهد (۱۴،۱۵).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]



شکل ۱- تشخیص پوسیدگی دندان توسط سیستم مبتنی بر یادگیری ماشین (۱۲)

دندانپزشکی دیجیتال، رباتیک و سامانه‌های هوشمند

ادغام یادگیری ماشین با فناوری‌های دیجیتال، زمینه توسعه دندانپزشکی هوشمند را فراهم کرده است. در دندانپزشکی ترمیمی و پروتز، سامانه‌های طراحی و ساخت به کمک رایانه (CAD/CAM) با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوشمند می‌توانند بازسازی دقیق ساختار دندان و طراحی سه بعدی روکش‌ها و پروتزها را با دقت قابل قبول انجام دهند (۱۶،۱۷). همچنین، الگوریتم‌های یادگیری ماشین در بهبود تطابق رنگ دندان و بهینه سازی طراحی ترمیم‌ها نقش مؤثری دارند. در حوزه رباتیک نیز سامانه‌های مجهز به هوش مصنوعی می‌توانند در انجام برخی اقدامات دندانپزشکی به‌عنوان دستیار عمل کنند. اگرچه این فناوری‌ها هنوز در مراحل توسعه و ارزیابی بالینی قرار دارند، اما می‌توانند در کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت برخی فرآیندهای تکراری مؤثر باشند (۱۸). علاوه بر این، حسگرهای هوشمند و سامانه‌های پایش دیجیتال می‌توانند اطلاعات مربوط به وضعیت دندان و روند درمان را به صورت مستمر ثبت و به دندانپزشک منتقل کنند (۱۹).

مدیریت هوشمند داده‌ها و ارتقای کیفیت خدمات

افزایش حجم اطلاعات بیماران و پیچیدگی داده‌های بالینی، مدیریت و تحلیل این اطلاعات را به یکی از چالش‌های مهم دندانپزشکی تبدیل کرده است. یادگیری ماشین می‌تواند با تحلیل سریع و نظام‌مند داده‌ها، به استخراج اطلاعات بالینی ارزشمند کمک کند و تصمیم گیری دندانپزشکان را تسهیل سازد (۲۰). این فناوری همچنین قادر است با تحلیل رفتار و سوابق بیماران، خدمات درمانی را شخصی سازی کرده و پایبندی بیماران به مراجعات و درمان را افزایش دهد. به کارگیری سامانه‌های هوشمند علاوه بر افزایش دقت تشخیص، موجب کاهش هزینه‌های عملیاتی، صرفه‌جویی در زمان و بهبود کیفیت مراقبت‌های دندانپزشکی می‌شود. از سوی دیگر، این سامانه‌ها می‌توانند به عنوان ابزار پشتیبان تصمیم گیری، به ویژه برای دندانپزشکان کم تجربه، نقش مؤثری ایفا کنند (۲۱).

به طور کلی، کاربردهای هوش مصنوعی در دندانپزشکی را می‌توان در چهار حوزه اصلی شامل کاربردهای تشخیصی (مانند تحلیل تصاویر رادیوگرافی و شناسایی ضایعات)، کاربردهای پیش‌بینانه (مانند پیش‌بینی موفقیت درمان و طول عمر ایمپلنت)، کاربردهای درمانی و طراحی (مانند طراحی سه بعدی روکش‌ها و پروتزها) و کاربردهای مدیریتی و پشتیبان تصمیم گیری (مانند تحلیل داده‌های بیماران و سامانه‌های هوشمند پایش) طبقه بندی نمود. این دسته بندی می‌تواند دیدی ساختار یافته‌تر و علمی‌تر نسبت به نقش هوش مصنوعی در دندانپزشکی ارائه دهد.

چالش‌ها و چشم‌انداز آینده

با وجود مزایای گسترده، استفاده از یادگیری ماشین در دندانپزشکی با چالش‌هایی نیز همراه است. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های مدل‌های

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

یادگیری ماشین در دندانپزشکی، عدم تعمیم پذیری مناسب آن‌ها به شرایط واقعی بالینی است، به‌گونه‌ای که بسیاری از الگوریتم‌ها بر روی مجموعه داده‌های محدود، همگن و آزمایشگاهی آموزش داده می‌شوند و در مواجهه با داده‌های جدید عملکرد ضعیف‌تری نشان می‌دهند (۲۲). علاوه بر این، خطر بیش برازش (Overfitting) در مدل‌های یادگیری عمیق می‌تواند موجب شود الگوریتم به جای یادگیری الگوهای واقعی، ویژگی‌های خاص داده‌های آموزشی را حفظ کند. کیفیت پایین تصاویر رادیوگرافی، وجود نویز، تفاوت در دستگاه‌های تصویربرداری و خطاهای ناشی از برچسب‌گذاری داده‌ها نیز می‌توانند دقت طبقه بندی و قطعه بندی تصاویر را کاهش دهند (۲۳). از سوی دیگر، بسیاری از سامانه‌های هوش مصنوعی هنوز فاقد اعتبارسنجی گسترده چند مرکزی و ارزیابی در شرایط واقعی درمانی هستند و این موضوع استفاده روتین آن‌ها در محیط‌های بالینی را با محدودیت مواجه می‌سازد.

به صورت کلی یادگیری ماشین با ایجاد تحول در تحلیل تصاویر، تشخیص بیماری‌ها، برنامه ریزی درمان و مدیریت اطلاعات بیماران، مسیر حرکت دندانپزشکی را به‌سوی دندانپزشکی هوشمند تغییر داده است. این فناوری می‌تواند با افزایش دقت تشخیص، کاهش خطاهای انسانی و بهبود کیفیت خدمات، نقش مهمی در ارتقای سلامت دهان و دندان ایفا کند. با وجود چالش‌های موجود، گسترش کاربردهای یادگیری ماشین نویدبخش آینده‌ای است که در آن خدمات دندانپزشکی با دقت قابل قبول و کارایی بیشتری ارائه خواهند شد. با این وجود، توسعه کاربردهای بالینی هوش مصنوعی مستلزم انجام مطالعات اعتبارسنجی گسترده، استاندارد سازی داده‌ها و ارزیابی مستمر عملکرد الگوریتم‌ها در محیط‌های واقعی درمانی خواهد بود.

در مجموع، یادگیری ماشین در حال تبدیل دندانپزشکی سنتی به نظامی هوشمند، داده محور و پیش‌بینانه است، تحولی که می‌تواند دقت تشخیص، کیفیت درمان و رضایت بیماران را به طور چشمگیری ارتقا دهد.

References:

1- Zhang C, Lu Y. Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. J Industrial Information Integration. 2021;23:100224.

2- Gupta R, Srivastava D, Sahu M, Tiwari S, Ambasta RK, Kumar P. Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. Mol Divers. 2021;25(3):1315-60.

3- Rao TVN, Gaddam A, Kurni M, Saritha K. Reliance on artificial intelligence, machine learning and deep learning in the era of industry 4.0. Smart healthcare system design: security and privacy aspects. 2022:281-99.

4- Ossowska A, Kusiak A, Świetlik D. Artificial intelligence in dentistry-Narrative review. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(6):3449.

5- Liew J, Zainal Abidin I, Cook N, Kanagasingam S. Clinical decision-making in complex endodontic cases between postgraduate students across dental specialties at a UK dental school: a pilot study. Eur J Dent Edu. 2022;26(4):707-16.

6- Wang L, Xu Y ,Wang W, Lu Y. Application of machine learning in dentistry: Insights, prospects and challenges. Acta Odontol Scand. 2025;84:43345.

7- Fan W, Zhang J, Wang N, Li J, Hu L. The application of deep learning on CBCT in dentistry. Diagnostics.2023;13(12):256.

8- Kurt-Bayrakdar S, Bayrakdar İŞ, Yavuz MB, Sali N, Çelik Ö, Köse O, et al. Detection of periodontal bone loss patterns and furcation defects from panoramic radiographs using deep learning algorithm: a retrospective study. BMC Oral Health. 2024;24(1):55.

9- Reyes LT, Knorst JK, Ortiz FR, Ardenghi TM. Scope and challenges of machine learning-based diagnosis and prognosis in clinical dentistry: A literature review. J Clin Transl Res. 2021;7(4):523-39.

10- Nguyen TT, Larrivée N, Lee A, Bilaniuk O, Durand R. Use of artificial intelligence in dentistry: current clinical trends and research advances. J Can Dent Assoc. 2021;87(l7):1488-2159.

11- Patil A, Bhalekar M, Dhatrak P. Enhancement in Dentistry using Machine Learning: A Systematic Review. 2022 10th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology-Signal and Information Processing (ICETET-SIP-22); 2022: IEEE.

12- Oztekin F, Katar O, Sadak F, Yildirim M, Cakar H, Aydogan M, et al. An explainable deep learning model to prediction dental caries using panoramic radiograph images. Diagnostics. 2023;13(2):226.

13- Dheeba J, Lakshmi T. Digital Decision Making in Dentistry: Analysis and Prediction of Periodontitis Using Machine Learning Approach. International Journal of Next-Generation Computing. 2022;13:(3).

14- Nazari Y, Lngeroodi PF, Maddahi M, Kobravi S, Amin MR, Bargrizaneh AA, et al. Artificial intelligence models and predicting implant success. Biomed Res Therapy. 2025;12(1):7029-37.

15- Mohammadi H, Soleymanpourshamsi T, Amirfarhangi S. Artificial Intelligence in Dental Implant Prognosis: A Narrative Review of Predictive Models, Performance, and Clinical Potential. Open Access Res J Biology Pharmacy. 2025;15(1):48-54.

6- Dobrzański LA, Dobrzański LB. Dentistry 4.0 concept in the design and manufacturing of prosthetic dental restorations. Processes. 2020;8(5):525.

17- Yakubova II, Krupnyk NM, Krupnyk A-SA, Ostrianko VI. Digital dentistry in action: Analysis of clinical outcomes of

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]

computer-aided design and manufacturing, three-dimensional printing, and artificial intelligence in tooth defect rehabilitation. Wiad Lek. 2025;78(11):2540-7.

18- Alahmad WZ, Elramady YR, Sidheeq MA, Alahmari M, Surdilovic D, Khalifa A, et al. Recent Advances in Digital Dentistry: The Impact of Robotics and Smart Implant Design on Dental Practice. Open Dent J. 2025;19:(1).

Panahi O. Smart materials and sensors: Integrating technology

19- Panahi O. Smart materials and sensors: Integrating technology into dental restorations for real-time monitoring. J Dent Oral Health Care. 2025;2(1):1-6.

20- Shujaat S. Automated machine learning in dentistry: A narrative review of applications, challenges, and future directions. Diagnostics. 2025;15(3):273.

21- Chen S, Zeng P ,Chen Y, Zhu Y, Gong Z, Lin Y, et al. Construction and validation of a patient-centered data governance platform for multimodal dental implant data management. Clin Oral Investig. 2026;30(5):193.

22- Krois J, Garcia Cantu A, Chaurasia A, Patil R, Chaudhari PK, Gaudin R, et al. Generalizability of deep learning models for dental image analysis. Sci Reports. 2021;11(1):6102.

23- Juneja M, Aggarwal N, Saini SK, Pathak S, Kaur M, Jaiswal M. A comprehensive review on artificial intelligence-driven preprocessing, segmentation, and classification techniques for precision furcation analysis in radiographic images. Multimedia Tools Applications. 2025;84(19):21467-520.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-28]