Artificial intelligence in orthodontics: A narrative review

Amirhossein Mirhashemi[1], Yasaman Sanaee[2,*]

1- Professor, Department of Othodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Dentist, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 11 Jul 2025
Accepted: 12 Nov 2025
Published: 19 Nov 2025

Corresponding Author:
Yasaman Sanaee

School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Email: yasi.sanaee@yahoo.com)

Abstract

Background and Aims: Artificial intelligence (AI) has emerged as a transformative force in various fields, including orthodontics. AI has demonstrated encouraging results in enhancing diagnostic precision, treatment decision, and outcome prediction. With the accessibility of different AI software, its utilization in orthodontics has grown significantly. In this review study, we examined various applications of artificial intelligence within the field of orthodontics.

Materials and Methods: A comprehensive search was conducted in the PubMed database using the keywords; "Orthodontics" and "Artificial intelligence" between 2020 and 2025. 643 articles were found in the initial search. After eliminating articles based on the inclusion and exclusion criteria, 293 articles remained for full-text review, and finally 38 articles were included in our review to obtain a comprehensive review of the applications of artificial intelligence in orthodontics.

Results: Today, artificial intelligence has been used in different stages of orthodontic treatment, including diagnosis, decision making, outcome prediction and education. It has shown high accuracy in many areas, including cephalometric analysis and treatment planning. However, enhancements are necessary in certain aspects, particularly in space analysis and the prediction of treatment outcomes.

Conclusion: Conducting systematic reviews focusing on each of these applications can provide a better perspective for clinicians to use this technology in their everyday practice.

Keywords: Orthodontics, Artificial intelligence, Digital dentistry

Cite this article as: Mirhashemi A, Sanaee Y. Artificial intelligence in orthodontics: A narrative review. J Dent Med-TUMS. 2025;38:25. [Persian]

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

Copyright © 2025 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.

کاربرد هوش مصنوعی در ارتودنسی: مروری روایی

امیرحسین میرهاشمی[۱]، یاسمن سنایی[۲*]

۱- استاد گروه آموزشی ارتودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲- دندانپزشک، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: ظهور هوش مصنوعی (Artificial intelligence) در پزشکی، تخصص‌های مختلف پزشکی از جمله ارتودنسی را متحول نموده است. هوش مصنوعی نتایج امیدوار کننده‌ای را در افزایش دقت تشخیص، طرح درمان و پیش بینی نتایج درمان نشان داده و با در دسترس قرار گرفتن برنامه‌های مختلف هوش مصنوعی، کاربرد آن در حیطه ارتودنسی افزایش یافته است. در این مطالعه به بررسی کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در ارتودنسی پرداختیم تا با داشتن اطلاعات به روز، بتوانیم در موارد نیاز از هوش مصنوعی استفاده کنیم.

روش بررسی: جستجوی جامع در پایگاه اطلاعاتی PubMed، با استفاده از واژگان کلیدی Orthodontics و Artificial intelligence در محدوده سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ میلادی انجام شد. در جستجوی اولیه ۶۴۳ مقاله یافت شد. پس از حذف مقالات بر اساس معیارهای ورود و خروج، ۲۹۳ مقاله جهت بررسی متن کامل باقی ماندند و در نهایت ۳۸ مقاله وارد مطالعه مروری ما شدند تا بررسی جامعی از کاربردهای هوش مصنوعی در ارتودنسی به دست آید.

یافته‌ها: امروزه شاهد کاربرد هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف ارتودنسی در مراحل مختلف تشخیص، درمان، پیش بینی نتایج و آموزش هستیم. در بسیاری از این زمینه ها از جمله آنالیز تصاویر و کمک به طرح درمان دقت بالایی از خود نشان داده است اما در برخی حیطه ها مانند آنالیز فضا و پیش بینی نتایج درمان نیاز به ارتقا دارد.

نتیجه‌گیری: انجام مطالعات مرور سیستماتیک با تمرکز بر هر یک از زمینه‌های کاربرد هوش مصنوعی که در مقاله حاضر به آن پرداخته شد، می‌تواند به توسعه نگرش محققان نسبت به این تکنولوژی نو ظهور کمک کند.

کلید واژه‌ها: ارتودنسی، هوش مصنوعی، دندانپزشکی دیجیتال

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۰
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱
انتشار: ۱۴۰۴/۰۸/۲۸

نویسنده مسؤول:
یاسمن سنایی

دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

(Email: yasi.sanaee@yahoo.com)

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

مقدمه

عبارت "هوش مصنوعی" (Artificial intelligence) اولین بار توسط جان مک کارتی در سال ۱۹۵۶ بیان شد (۱). هوش مصنوعی حوزه وسیعی درعلوم کامپیوتر بوده و به معنای توانایی ماشین‌ها درانجام اعمال انسانی و تقلید توانایی شناختی انسان بر اساس الگوریتم‌ها و قوانین از پیش تعیین شده مانند حل مسأله، تصمیم گیری و درک بصری می‌باشد. یادگیری ماشین (Machine learning)، یادگیری عمیق (Deep learning) و شبکه عصبی (Neural network) زیرمجموعه‌های هوش مصنوعی می‌باشند (۲،۳).

یادگیری ماشین به معنای استفاده از حجم زیادی از داده‌ها توسط ماشین جهت ساخت الگوریتم‌ها برای حل مسأله است که این ویژگی سبب کاهش خطا و افزایش احتمال پیشگویی درست ماشین می‌گردد. به طور کلی، یادگیری ماشین به دو شکل می‌باشد: یادگیری سطحی و یادگیری عمیق (۲).

یادگیری عمیق شامل الگوریتم‌های پیچیده‌ای است که داده‌ها را در لایه‌های مختلف پردازش می‌کند. این امر سبب توانایی یادگیری عمیق در حل مسائل پیچیده تر مانند پردازش تصاویر، تصمیم گیری، آنالیزهای پیش بینی می‌باشد. به بیان دیگر استفاده از یادگیری عمیق احتمال خطا را کاهش می‌دهد، گرچه نیاز به حجم زیادی از داده دارد. شبکه‌های عصبی در هوش مصنوعی، با الهام از شبکه عصبی مغز انسان ابداع گردیده و شامل نورون‌های مصنوعی می‌باشند که ذهن و توانایی فکری انسان را تقلید می‌کنند (۲،۴).

امروزه هوش مصنوعی در حیطه‌های وسیعی کاربرد دارد (۳). ظهور هوش مصنوعی (AI) در پزشکی، تخصص‌های مختلف پزشکی از جمله ارتودنسی را متحول نموده است. هوش مصنوعی نتایج امیدوار کننده‌ای را در افزایش دقت تشخیص، طرح درمان و پیش‌بینی نتایج درمان نشان داده و با در دسترس قرار گرفتن برنامه‌های مختلف هوش مصنوعی، کاربرد آن در حیطه ارتودنسی افزایش یافته است (۵،۶). با توجه به تمایل متخصصین به دندانپزشکی دیجیتال در سال‌های اخیر، مزایای استفاده از نرم افزارهای هوش مصنوعی شامل کاهش هزینه‌های درمان و خطاهای پزشکی، صرفه جویی در زمان و جبران کمبود تعداد متخصصین پزشکی و دندانپزشکی به ویژه در کشورهای در حال توسعه توسط دندانپزشکان گزارش شده است (۷). در این مطالعه به بررسی کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در ارتودنسی پرداختیم تا با داشتن اطلاعات به روز، بتوانیم در موارد نیاز از هوش مصنوعی استفاده کنیم.

روش بررسی

این مطالعه مرور روایی در پاسخ به سؤال پژوهش "هوش مصنوعی در حیطه ارتودنسی چه کاربردهایی دارد؟" طراحی گردید. جست و جوی شواهد موجود در پایگاه اطلاعاتی PubMed، با استفاده از واژگان کلیدی Orthodontics و Artificial intelligence در محدوده ی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ میلادی انجام شد. در جستجوی اولیه ۶۴۳ مقاله یافت شد. عنوان و خلاصه مقالات به دست آمده توسط دو محقق به صورت مستقل غربالگری شد و پس از حذف مقالات تکراری و غیر مرتبط، ۲۹۳ مقاله جهت بررسی کامل متن باقی ماند. دو محقق مستقل متن کامل این مقالات را بررسی کرده و بر اساس معیارهای ورود و خروج مطالعه در نهایت ۳۸ مقاله واجد شرایط جهت ورود به این مطالعه بود.

معیارهای ورود عبارتند از:

۱- مقالاتی که به زبانی انگلیسی نوشته شده بودند.

۲- مقالات Original

۳- مقالاتی که نشان دهنده کاربرد خاصی ازهوش مصنوعی در ارتودنسی بودند.

معیارهای خروج عبارتند از:

۱- مقالاتی که از هوش مصنوعی صرفا جهت آنالیز داده‌ها استفاده نمودند.

۲- مطالعات مروری، کتاب‌ها، پایان نامه‌ها، نامه به سردبیر

۳- مقالاتی که متن کامل آنها در دسترس نبود.

یافته‌ها

مقالات به دست آمده بر اساس عنوان و خلاصه مقالات در نهایت در ۵ گروه کلی به شرح زیر تقسیم بندی شدند:

۱- استفاده از هوش مصنوعی در روند تشخیص

۲- استفاده از هوش مصنوعی در روند طرح درمان

۳- استفاده از هوش مصنوعی در پیش بینی نتایج درمان

۴- استفاده از هوش مصنوعی در آموزش

۵- استفاده از هوش مصنوعی در روند درمان ارتودنسی

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

از ۳۸ مقاله موجود، ۱۶ مورد مربوط به تشخیص، ۴ مورد مربوط به طرح درمان، ۴ مورد مربوط به پیش بینی نتایج، ۶ مورد مربوط به آموزش و ۸ مورد مربوط به کمک به روند درمان بودند.

در سال‌های اخیر هوش مصنوعی تحول زیادی در حیطه‌های مختلف از جمله ارتودنسی ایجاد کرده و ما شاهد کاربردهای گسترده و پیشرفت فراوان هوش مصنوعی در حیطه ارتودنسی هستیم (۸) که در ادامه به بررسی کاربردها مختلف هوش مصنوعی در ارتودنسی می‌پردازیم:

استفاده از هوش مصنوعی در روند تشخیص

بررسی تصاویر رادیوگرافی: آنالیز سفالومتری یکی از ابزارهای اصلی تشخیص و طرح درمان ارتودنسی می‌باشد که به صورت سنتی (دستی)، انتخاب دستی لندمارک‌ها و اندازه گیری دیجیتالی و یا با نرم افزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی (AI) که اخیراً معرفی شده اند به صورت کاملا خودکار انجام می‌شود. مدل‌های convolutional neural network (CNN) شایع‌ترین مدل یادگیری عمیق است که در طبقه بندی و شناسایی تصاویر کمک می‌کند (۹).

Zaheer و همکاران (۱۰) با مقایسه دقت آنالیز سفالومتری دستی و نرم افزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی نیمه اتوماتیک WebCeph و تمام اتوماتیک Ceph X، اظهار داشتند که نرم افزارهای Ceph X و webCeph به ترتیب بیشترین و دقیق ترین نتایج را در مقایسه با آنالیز سفالومتری دستی دارند. در مطالعه Ristau و همکاران (۱۱) نیز آنالیز سفالومتری با نرم افزار هوش مصنوعی AudaxCeph تنها در تشخیص نقطه پوریون و اپکس دندان ثنایای مندیبل با آنالیز سنتی تفاوت داشت. از این رو، آن‌ها نرم افزار AudaxCeph را به عنوان یک روش کمکی مناسب برای آنالیز سفالومتری معرفی کردند. علاوه بر این، امروزه انواع مختلفی از نرم افزارهای آنالیز سفالومتری بر مبنای هوش مصنوعی به صورت وب اپلیکیشن و نرم افزارهای تلفن هوشمند نیز وجود دارند. در همین راستا، Gupta و همکاران (۱۲) بیان کردند که نرم افزار تلفن هوشمند Oneceph دقتی معادل روش‌های آنالیز دستی دارد اما سیستم مبتنی بر وب Webceph برای شناسایی لندمارک‌های آناتومیک هنوز دقت لازم را ندارد. Ali و همکاران (۱۳) نیز یک مدل هوش مصنوعی ابداع کردند که متغیرهای سفالومتری را با استفاده از تصاویر فوتوگرافی نیمرخ و لندمارک‌های بافت نرم شناسایی کرد. آن‌ها این مدل را یک روش جدید و جایگزین برای آنالیز سفالومتری معرفی کردند که مزیت عدم اکسپوز شدن بیمار به اشعه را دارد.

لازم به ذکر است که استفاده از هوش مصنوعی برای آنالیز تصاویر سفالومتری قدامی خلفی، تصاویر سه بعدی همانند CT (اسکن توموگرافی کامپیوتری) و CBCT (توموگرافی کامپیوتری پرتو مخروطی) نیز نتایج خوبی داشته و امکان تشخیص سریع‌تر و راحت‌تر ناهنجاری‌های کرانیوفاسیال را برای ارتودنتیست فراهم نموده است (۱۴,۱۵). Ma و همکاران (۱۶)، برای شناسایی لندمارک‌های آناتومیک در تصاویر CT با سرعت زیاد و با دقت ۵/۷ میلی متر از مدل‌های CNN استفاده نمودند و Tao همکاران (۱۷)، با الگوی region division و ۲ مرحله‌ای کردن مدل deep learning دقت شناسایی لندمارک‌های آناتومیک در تصاویر CT را افزایش دادند (۱۷).

بررسی لندمارک‌های مدل‌های دیجیتال و سگمنتاسیون: سگمنتاسیون (تقسیم بندی داده‌های حجمی به مناطق یا اجزا مشخص و برچسب‌گذاری شده) دندان‌ها و ساختارهای استخوان آلوئول از تصاویر CBCT برای بازسازی یک مدل سه بعدی دقیق در دندانپزشکی دیجیتال ضروری است. با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان سگمنیشن را به صورت کاملا اتوماتیک، با دقتی قابل مقایسه با رادیولوژیست و با سرعتی بیشتر انجام داد به طوری که Cui و همکاران (۱۸) گزارش کردند که استفاده از هوش مصنوعی در مقایسه با رادیولوژیست زمان مورد نیاز برای سگمنتاسیون را ۹۶/۷٪ کاهش می‌دهد (۱۸). همچنین، Vinayahalingam و همکاران (۱۹) بیان کردن که استفاده از هوش مصنوعی برای سگمنتاسیون تصاویر اسکن داخل دهانی نیز دقت خوبی را ارائه می‌دهد.

آنالیز فضا و آنالیز کست: از هوش مصنوعی می‌توان جهت استفاده نمود که در مطالعه Camci و همکاران (۲۰)، دقت مدل‌های هوش مصنوعی و جدول آنالیز Moyer را برای تخمین سایز دندان‌های رویش نیافته مقایسه کرده و به ترتیب دقت ۴۹/۵٪ و ۴۵٪ برای کانین‌ها و پره مولرهای مندیبل گزارش کردند. Lam و همکاران (۲۱) نیز در مقایسه آنالیز دستی مدل‌های مطالعه و آنالیز دیجیتال مدل‌های دیجیتال، دقت اندازه‌های خطی مشابه با صرف زمان کمتر برای روش دیجیتال گزارش نمودند. هرچند روش دیجیتال، عملکرد ضعیفی برای آنالیز فضا و میدلاین نشان داد.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

بررسی وضعیت بلوغ: Seo و همکاران (۲۲) با ساخت و مقایسه دقت چند مدل deep learning جهت شناسایی مرحله بلوغ مهره‌های گردنی از روی لترال سفالومتری، حداقل دقت این مدل‌ها را ۹۰٪ گزارش نمودند.

بررسی راه هوایی: هایپرتروفی لوزه در کودکان می‌تواند منجر به تنفس دهانی و آپنه انسدادی شود. جهت بررسی‌هایپرتروفی لوزه می‌توان از لندمارک‌های آناتومیک رادیوگرافی لترال سفالومتری استفاده کرد. طبق مطالعه Zhao و همکاران (۲۳)، با بررسی رادیوگرافی لترال سفالومتری با مدل‌های هوش مصنوعی می‌توان‌هایپرتروفی لوزه را با حساسیت ۹۰٪ و اختصاصیت ۹۳/۸٪ تشخیص داد. همچنین Jeong و همکاران (۲۴) امکان شناسایی انسداد راه هوایی از روی لندمارک‌های رادیوگرافی لترال سفالومتری با حساسیت ۸۶٪ و اختصاصیت ۸۹٪ را برای مدل هوش مصنوعی خود گزارش نمودند.

بازسازی تصاویر سه بعدی از روی تصاویر دو بعدی: تعداد محدودی از مقالات به بررسی تخمین موقعیت اجسام از روی تصاویر دو بعدی و سه بعدی با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی پرداخته اند. Minhas و همکاران (۲۵)، با استفاده از مدل هوش مصنوعی توانستند موقعیت باکولینگوال و مزیودیستال کانین نهفته مگزیلا را از روی تصاویر پانورامیک و CBCT شناسایی کنند. مدل هوش مصنوعی آن‌ها برای موقعیت باکولینگوالی دقت ۴۱٪ و برای موقعیت مزیولینگوالی دقت ۵۵٪ نشان داد. آنها بیان کردند پیشرفت الگوریتم‌های deep learning می‌تواند دقت این بازسازی را افزایش دهد (۲۵).

استفاده از هوش مصنوعی در روند طرح درمان

یکی از تصمیم گیری‌های مهم در روند طرح درمان ارتودنسی، تصمیم گیری درباره کشیدن یا نکشیدن دندان است. مدل‌های هوش مصنوعی متعددی جهت کمک به این تصمیم گیری ایجاد شده اند. Real و همکاران (۲۶) به طراحی مدل هوش مصنوعی با استفاده از متغیرهای سفالومتری، متغیرهای بافت نرم و متغیرهایی مدل مانند اورجت، اوربایت، نسبت بولتون، آنالیز فضا و روابط کانینی و مولری جهت تشخیص نیاز به کشیدن دندان پرداختند و دقت ۹۳/۹٪ را برای آن گزارش کردند.

Senirkentli و همکاران (۲۷) نیز که به بررسی نیاز به کشیدن سریالی دندان‌ها در دوره دندانی مختلط در بیماران بوردرلاین پرداختند، دقت بالای ۹۰٪ را برای مدل‌های هوش مصنوعی مورد مطالعه خود گزارش نمودند.

Köktürk و همکاران (۲۸) به بررسی دقت مدل‌های مختلف هوش مصنوعی در شناسایی نیاز به کشیدن دندان و تشخیص اینکه چه دندانی باید کشیده شود پرداختند و به ترتیب دقت ۹۱/۲٪ و ۷۶/۳٪ را بیان کردند. آن‌ها بیان کردند که گرچه هوش مصنوعی در تشخیص نیاز به کشیدن دندان دقت بالایی دارد، در تشخیص اینکه چه دندانی باید کشیده شود ضعیف عمل می‌کند. تصمیم گیری در مورد نیاز به جراحی ارتوگناتیک در کیس‌های بوردرلاین نیز دشوار است. هوش مصنوعی در این زمینه هم می‌تواند کمک کننده باشد. de Oliveira و همکاران (۲۹) دقت بالایی را برای ۱۰ مدل machine learning مورد مطالعه خود گزارش کردند و بیان کردند که عملکرد این مدل‌ها در بیماران با الگوی اسکلتی کلاس ۳ بهتر از بیماران کلاس ۲ بوده است.

استفاده از هوش مصنوعی در پیش بینی نتایج درمان

پیش بینی تغییرات بافت نرم: Alam و همکاران (۳۰) موفقیت ۷۳٪ را برای پیش بینی نتایج درمان ارتودنسی با استفاده از هوش مصنوعی گزارش کردند. از نظر آن‌ها دقت هوش مصنوعی در اکثر موارد به جز کیس‌های پیچیده و غیر استاندارد، بالا بوده و می‌تواند به ارتودنتیست در روند طرح ریزی درمان کمک کند. Gong و همکاران (۳۱)، از روی تصاویر لترال سفالومتری قبل از درمان با استفاده از مدل هوش مصنوعی توانستند تغییرات بافت نرم به دنبال درمان ارتودنسی را پیش بینی کنند. اکثر پیش بینی‌ها از نظر کلینیکی قابل قبول بودند اما پیش بینی‌ها در رابطه با نقطه A بافت نرم دقیق تر و در رابطه با نقاط مندیبل ضعیف‌تر بودند.

پیش بینی زیبایی: Guo و همکاران (۳۲) به بررسی زیبایی پروفایل افراد از روی تصاویر فوتوگرافی نیمرخ پرداختند. آن‌ها همچنین تصاویر رادیوگرافی سفالومتری این افراد را ارزیابی کردند و توانستند رابطه‌ای بین لندمارک‌های سفالومتری و زیبایی نیمرخ بیابند. طبق مطالعه آن‌ها میزان بیرون زدگی اینسایزورهای بالا و لب پایین عوامل کلیدی در زیبایی نیمرخ بود. آن‌ها با در نظرگرفتن این دو متغیر، یک مدل هوش مصنوعی طراحی نمودند که در پیش بینی تاثیر درمان استتاری

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

بیماران کلاس ۲ بر زیبایی نیم رخ این بیماران موفق بوده و در تصمیم گیری نحوه درمان به دندانپزشک کمک می‌کند.

مدت درمان: Volovicو همکاران (۳۳) در مطالعه خود، پتانسیل هوش مصنوعی جهت پیش بینی مدت درمان ارتودنسی را با استفاده از متغیرهای پیش از درمان، گزارش نمودند. هرچند آن‌ها دقت این پیش بینی را به صورت کمی بیان نکردند.

استفاده از هوش مصنوعی در آموزش

هوش مصنوعی در آموزش دانشجویان و بیماران نیز نقش دارد. Hanenkrath و همکاران (۳۴) به بررسی میزان استفاده از هوش مصنوعی در آموزش دستیاران تخصصی ارتودنسی در آمریکای شمالی پرداختند و گزارش کردند که در بیش از نیمی از موارد از هوش مصنوعی در برنامه ی آموزشی دستیاران استفاده می‌شود.

ChatGPT (Chat Generative Pre-Trained Transformer) که در سال ۲۰۲۲ راه اندازی شد، قادر است با استفاده از هوش مصنوعی همانند انسان به پرسش‌های مختلف پاسخ دهد. این قابلیت هوش مصنوعی large language model نام دارد. بیماران و حتی متخصصین از ChatGPT جهت دریافت اطلاعات پزشکی و دندانپزشکی استفاده می‌کنند (۳۵). مطالعات زیادی به بررسی دقت پاسخ‌های ChatGPT در حیطه‌های مختلف پرداختند. به عنوان مثال Yurdakurban و همکاران (۳۶) گزارش کردند که اگر چه Chat Bot های هوش مصنوعی در اکثر موارد اطلاعاتی با کیفیت بالا ارائه می‌دهند و این مورد در رابطه با سؤالات بیماران در حیطه ی جراحی ارتوگناتیک هم صادق است، اما توصیه می‌کنند که بیماران با متخصصین جراحی در این رابطه صحبت کنند و به هوش مصنوعی اکتفا نکنند.

Abu Arqub و همکاران (۳۵) گزارش کردند که پاسخ‌های ChatGPT به سؤالات بیماران در زمینه الاینرهای شفاف دقتی کمتر از حد مطلوب دارد. همچنین Vassis و همکاران (۳۷) کیفیت پاسخ‌های ChatGPT به سؤالات بیماران در حیطه عوارض جانبی درمان ارتودنسی را ناکافی بیان کردند (۳۷). هر چند Tanaka و همکاران (۳۸) کیفیت بالایی را در پاسخ‌های ChatGPT به سؤالات در زمینه انکوریج‌های موقت اسکلتی، الاینرهای شفاف و تصویر برداری دیجیتال گزارش نمودند. این تفاوت می‌تواند به نوع سؤالات مورد بررسی مربوط باشد.

استفاده از هوش مصنوعی در روند درمان ارتودنسی

شناسایی تحلیل ریشه: تحلیل ریشه یک اتفاق شایع و نامطلوب در روند درمان ارتودنسی می‌باشد. مطالعاتی جهت ارزیابی تحلیل ریشه با آنالیزهای کمی روی تصاویر CBCT انجام شده است. Zheng و همکاران (۳۹) به بررسی تشخیص تحلیل ریشه با استفاده از هوش مصنوعی و تصاویر CBCT پرداختند و نتایج مشابه با روش دستی را گزارش نمودند. Mohammad-Rahimi و همکاران (۴۰) نیز به بررسی تحلیل ریشه سرویکال با استفاده از تصاویر پری اپیکال و هوش مصنوعی پرداختند و نشان دادند که با هوش مصنوعی می‌توان تحلیل ریشه سرویکال را شناسایی کرد و آن را از پوسیدگی افتراق داد.

ادغام تصاویر رادیوگرافی با اسکن‌های داخل دهانی: از کاربردهای دیگر هوش مصنوعی، ادغام کردن تصاویر سه بعدی حاصل از اسکن داخل دهانی و تصاویر رادیوگرافی سه بعدی مانند CBCT می‌باشد. هوش مصنوعی این کار را به صورت قابل اعتماد و با قابلیت تکرار بالا انجام می‌دهد. در بالین، این کاربرد می‌تواند سبب تشخیص موقعیت ریشه دندان‌ها، فاصله بین ریشه‌ها و زاویه محوری آن‌ها شود (۴۱،۴۲).

برداشتن مجازی براکت‌ها: با استفاده از سگمنتاسیون به وسیله هوش مصنوعی، برداشت براکت‌ها از روی دندان‌ها به صورت مجازی امکان پذیر است تا پیش از دباند حقیقی، پلاک ریتینر بیمار ساخته و آماده تحویل شود. Li و همکاران (۴۳) دقت برداشت مجازی براکت‌ها را ۹۷/۴۲٪ گزارش نمودند. آن‌ها تاکید کردند که با توجه به صرف زمان بسیار کوتاه برای پروسه برداشت مجازی براکت‌ها و دقت بالای این روش، استفاده از آن را برای ساخت ریتینر توصیه می‌کنند.

کمک در انتخاب محل قراردهی مینی اسکرو: Tao و همکاران (۴۴) دقت بالایی را در انتخاب محل مینی اسکرو در کام با استفاده از مدل هوش مصنوعی خود گزارش نمودند.

مانیتور کردن و تله ارتودنسی: نظارت بر بیمار از راه دور با استفاده از تکنولوژی جدید امکان پذیر است. اپلیکیشن‌های تلفن هوشمند نیز به این منظور طراحی شده‌اند تا با گرفتن تصاویر یا ویدیوهایی از دهان بیمار، وضعیت بالینی بیمار را بررسی کنند. به عنوان مثال، نظارت بر بهداشت دهان بیمار از طریق بررسی وجود پلاک یا جرم، تحلیل لثه و یا التهاب لثه و ارسال پیام‌هایی جهت رعایت بهداشت به بیمار از جمله روش‌های مانیتور کردن نوین بیماران می‌باشد. Snider و همکاران (۴۵)،

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

اظهار کردند که کنترل بهداشت دهانی بیماران ارتودنسی از این طریق سبب بهبود شاخص پلاک و شاخص لثه ای نسبت به سایر بیماران گردید.

همچنین می‌توان از هوش مصنوعی جهت نظارت بر حرکات دندانی استفاده نمود. Ferlito و همکاران (۴۶) از این روش جهت نظارت بر بیمارانی که با الاینرهای شفاف درمان می‌شدند استفاده کردند تا آمادگی آن‌ها را جهت دریافت مرحله بعدی درمان بسنجند. گرچه، داده‌های حاصل از این نوع مانیتورینگ با داده‌های کمی حقیقی هماهنگ نبود.

بحث و نتیجه گیری

امروزه شاهد کاربرد هوش مصنوعی در حیطه تشخیص، طرح درمان، پیش بینی نتایج درمان، آموزش و کمک به روند درمان ارتودنسی هستیم.

بیشترین کاربرد هوش مصنوعی در حیطه تشخیص، آنالیز تصاویر رادیوگرافی می‌باشد. مدل‌های هوش مصنوعی در آنالیز تصاویر رادیوگرافی دقت‌های متفاوتی نسبت به استاندارد طلایی (آنالیز دستی) دارند مدل‌های هوش مصنوعی مبتنی بر وب در این زمینه نیاز به توسعه بیشتر دارند.

هوش مصنوعی می‌تواند به تصمیم گیری در رابطه با طرح درمان به دندانپزشک کمک کند. دقت هوش مصنوعی در خصوص درمان با کشیدن یا نکشیدن دندان بالای ۹۰٪ گزارش شده است. اگر چه در نگاه اول این مسأله بسیار ارزشمند به نظر می‌رسد، باید توجه شود که تصمیم کشیدن یا نکشیدن دندان تنها بخشی از طرح درمان را شامل می‌شود که بدون توجه به ملاحظات انکوریج، ارزشی ندارد. همچنین بیان شده که هوش مصنوعی در تشخیص این که چه دندانی باید کشیده شود دقت بالایی ندارد.

پیش بینی نتایج درمان به کمک هوش مصنوعی می‌تواند در انتخاب طرح درمان کمک کننده باشد اما از طرفی ممکن است انتظارات بیمار را از نتایج درمان بالا ببرد.

اگرچه ChatGPT می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار بیماران قرار دهد اما پاسخ‌های هوش مصنوعی در همه ی زمینه‌ها قابل اعتماد نیست و احتمال دادن اطلاعات نادرست به بیماران وجود دارد. بنابراین بهتر است که بیماران سؤالات خود را از پزشک متخصص بپرسند.

پیشنهاد می‌گردد که مطالعات آینده برای مقایسه کارایی، دقت و هزینه روش‌های تشخیص و درمان ارتودنسی با استفاده از فناوری هوش مصنوعی با تکنیک‌های سنتی طراحی گردد. همچنین انجام مطالعات مرور سیستماتیک با تمرکز بر هر یک از زمینه‌های کاربرد هوش مصنوعی که در مقاله حاضر به آن پرداخته شد، می‌تواند به توسعه نگرش محققان نسبت به این تکنولوژی نوظهور کمک کند.

References:

1- Subramanian AK, Chen Y, Almalki A, Sivamurthy G, Kafle D. Cephalometric analysis in orthodontics using artificial intelligence-A comprehensive review. Biomed Rese Int. 2022;2022(1):1880113.

2- Chahal A, Gulia P. Machine learning and deep learning. Int J Innovative Tech Exploring Engineering. 2019;8(12):4910-4.

3- Sharifani K, Amini M. Machine learning and deep learning: A review of methods and applications. World Information Tech Engineering J. 2023;10(07):3897-904.

4- Jakhar D, Kaur I. Artificial intelligence, machine learning and deep learning: definitions and differences. Clin Exp Dermatol. 2020;45(1):131-2.

5- Kazimierczak N, Kazimierczak W, Serafin Z, Nowicki P, Nożewski J, Janiszewska-Olszowska J. AI in orthodontics: Revolutionizing diagnostics and treatment planning-A comprehensive review. J Clin Med. 2024;13(2):344.

6- 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.

7- Machoy ME, Szyszka-Sommerfeld L, Vegh A, Gedrange T, Woźniak K. The ways of using machine learning in dentistry. Adv Clin Exp Med. 2020;29(3):375-84.

8- Liu J, Zhang C, Shan Z. Application of artificial intelligence in orthodontics: current state and future perspectives. Healthcare. 2023;11(20):2760.

9- Zhang JN, Lu HP, Hou J, Wang Q, Yu FY, Zhong C, et al. Deep learning-based prediction of mandibular growth trend in children with anterior crossbite using cephalometric radiographs. BMC Oral Health. 2023;23(1):28.

10- Zaheer R, Shafique HZ, Khalid Z, Shahid R, Jan A, Zahoor T, et al. Comparison of semi and fully automated artificial intelligence driven softwares and manual system for cephalometric analysis. BMC Med Inform Decis Mak. 2024;24(1):271.

11- Ristau B, Coreil M, Chapple A, Armbruster P, Ballard R. Comparison of AudaxCeph®'s fully automated cephalometric tracing technology to a semi-automated approach by human examiners. Int Orthod. 2022;20(4):100691.

12- Gupta S, Shetty S, Natarajan S, Nambiar S, Mv A, Agarwal S. A comparative evaluation of concordance and speed between smartphone app-based and artificial intelligence web-based cephalometric tracing software with the manual tracing method: A cross-sectional study. J Clin Exp Dent. 2024;16(1):e11-e17.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

13- Ali SM, Saloom HF, Tawfeeq MA. Cephalometric Variables Prediction from Lateral Photographs Between Different Skeletal Patterns Using Regression Artificial Neural Networks. Turk J Orthod. 2022;35(2):101-11.

14- Takeda S, Mine Y, Yoshimi Y, Ito S, Tanimoto K, Murayama T. Landmark annotation and mandibular lateral deviation analysis of posteroanterior cephalograms using a convolutional neural network. J Dent Sci. 2021;16(3):957-63.

15- Gonca M, Bayrakdar İŞ, Çelik Ö. Does the FARNet neural network algorithm accurately identify Posteroanterior cephalometric landmarks? BMC Med Imaging. 2024;24(1):294.

16- Ma Q, Kobayashi E, Fan B, Nakagawa K, Sakuma I, Masamune K, et al. Automatic 3D landmarking model using patch-based deep neural networks for CT image of oral and maxillofacial surgery. Int J Med Robot. 2020;16(3):e2093.

17- Tao L, Li M, Zhang X, Cheng M, Yang Y, Fu Y, et al. Automatic craniomaxillofacial landmarks detection in CT images of individuals with dentomaxillofacial deformities by a two-stage deep learning model. BMC Oral Health. 2023;23(1):876.

18- Cui Z, Fang Y, Mei L, Zhang B, Yu B, Liu J, et al. A fully automatic AI system for tooth and alveolar bone segmentation from cone-beam CT images. Nat Commun. 2022;13(1):2096.

19- Vinayahalingam S, Kempers S, Schoep J, Hsu TH, Moin DA, van Ginneken B, et al. Intra-oral scan segmentation using deep learning. BMC Oral Health. 2023;23(1):643.

20- Camcı H, Salmanpour F. Estimating the size of unerupted teeth: Moyers vs deep learning. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022;161(3):451-6.

21- Lam M, Hajdarević A, Čirgić E, Sabel N. Validity of digital analysis versus manual analysis on orthodontic casts. J World Fed Orthod. 2024;13(5):221-8.

22- Seo H, Hwang J, Jeong T, Shin J. Comparison of Deep Learning Models for Cervical Vertebral Maturation Stage Classification on Lateral Cephalometric Radiographs. J Clin Med. 2021;10(16):3591.

23- Zhao T, Zhou J, Yan J, Cao L, Cao Y, Hua F, et al. Automated Adenoid Hypertrophy Assessment with Lateral Cephalometry in Children Based on Artificial Intelligence. Diagnostics (Basel). 2021;11(8):1386.

24- Jeong Y, Nang Y, Zhao Z. Automated Evaluation of Upper Airway Obstruction Based on Deep Learning. Biomed Res Int. 2023;2023:8231425.

25- Minhas S, Wu TH, Kim DG, Chen S, Wu YC, Ko CC. Artificial Intelligence for 3D Reconstruction from 2D Panoramic X-rays to Assess Maxillary Impacted Canines. Diagnostics (Basel). 2024;14(2):196.

26- Real AD, Real OD, Sardina S, Oyonarte R. Use of automated artificial intelligence to predict the need for orthodontic extractions. Korean J Orthod. 2022;52(2):102-11.

27- Senirkentli GB, İnce Bingöl S, Ünal M, Bostancı E, Güzel MS, Açıcı K. Machine learning based orthodontic treatment planning for mixed dentition borderline cases suffering from moderate to severe crowding: An experimental research study. Technol Health Care. 2023;31(5):1723-35.

28- Köktürk B, Pamukçu H, Gözüaçık Ö. Evaluation of different machine learning algorithms for extraction decision in orthodontic treatment. Orthod Craniofac Res. 2024;27 Suppl 2 (Suppl 2):13-24.

29- de Oliveira PHJ, Li T, Li H, Gonçalves JR, Santos-Pinto A, Gandini Junior LG, et al. Artificial intelligence as a prediction tool for orthognathic surgery assessment. Orthod Craniofac Res. 2024;27(5):785-94.

30- Alam MK, Alanazi DSA, Alruwaili SRF, Alderaan RAI. Assessment of AI Models in Predicting Treatment Outcomes in Orthodontics. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Suppl 1):S540-S542.

31- Gong B, Chang Q, Shi T, Wang S, Wang Y, Zuo F, et al. Research of orthodontic soft tissue profile prediction based on conditional generative adversarial networks. J Dent. 2025;154:105570.

32- Guo R, Tian Y, Li X, Li W, He D, Sun Y. Facial profile evaluation and prediction of skeletal class II patients during camouflage extraction treatment: a pilot study. Head Face Med. 2023;19(1):51.

33- Volovic J, Badirli S, Ahmad S, Leavitt L, Mason T, Bhamidipalli SS, et al. A Novel Machine Learning Model for Predicting Orthodontic Treatment Duration. Diagnostics (Basel). 2023;13(17):2740.

34- Hanenkrath J, Park JH, Bay C. Training, use, and modifications related to artificial intelligence in postgraduate orthodontic programs in North America. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2025;167(1):89-94.

35- Abu Arqub S, Al-Moghrabi D, Allareddy V, Upadhyay M, Vaid N, Yadav S. Content analysis of AI-generated (ChatGPT) responses concerning orthodontic clear aligners. Angle Orthod. 2024;94(3):263-72.

36- Yurdakurban E, Topsakal KG, Duran GS. A comparative analysis of AI-based chatbots: Assessing data quality in orthognathic surgery related patient information. J Stomatol Oral Maxillofac Surg. 2024;125(5):101757.

37- Vassis S, Powell H, Petersen E, Barkmann A, Noeldeke B, Kristensen KD, et al. Large-Language Models in Orthodontics: Assessing Reliability and Validity of ChatGPT in Pretreatment Patient Education. Cureus. 2024;16(8):e68085.

38- Tanaka OM, Gasparello GG, Hartmann GC, Casagrande FA, Pithon MM. Assessing the reliability of ChatGPT: a content analysis of self-generated and self-answered questions on clear aligners, TADs and digital imaging. Dental Press J Orthod. 2023;28(5):e2323183.

39- Zheng Q, Ma L, Wu Y, Gao Y, Li H, Lin J, et al. Automatic 3-dimensional quantification of orthodontically induced root resorption in cone-beam computed tomography images based on deep learning. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2025;167(2):188-201.

40- Mohammad-Rahimi H, Dianat O, Abbasi R, Zahedrozegar S, Ashkan A, Motamedian SR, et al. Artificial Intelligence for Detection of External Cervical Resorption Using Label-Efficient Self-Supervised Learning Method. J Endod. 2024;50(2):144-53.

41- Lee SC, Hwang HS, Lee KC. Accuracy of deep learning-

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]

based integrated tooth models by merging intraoral scans and CBCT scans for 3D evaluation of root position during orthodontic treatment. Prog Orthod. 2022;23(1):15.

42- Lee JH, Lee NK, Zou B, Park JH, Choi TH. Reliability of Artificial Intelligence-based Cone Beam Computed Tomography Integration with Digital Dental Images. J Vis Exp. 2024(204).

43- Li R, Zhu C, Chu F, Yu Q, Fan D, Ouyang N, et al. Deep learning for virtual orthodontic bracket removal: tool establishment and application. Clin Oral Investig. 2024;28(1):121.

44- Tao T, Zou K, Jiang R, He K, He X, Zhang M, et al. Artificial intelligence-assisted determination of available sites for palatal orthodontic mini implants based on palatal thickness through CBCT. Orthod Craniofac Res. 2023;26(3):491-9.

45- Snider V, Homsi K, Kusnoto B, Atsawasuwan P, Viana G, Allareddy V, et al. Effectiveness of AI-driven remote monitoring technology in improving oral hygiene during orthodontic treatment. Orthod Craniofac Res. 2023;26 Suppl 1:102-10.

46- Ferlito T, Hsiou D, Hargett K, Herzog C, Bachour P, Katebi N, et al. Assessment of artificial intelligence-based remote monitoring of clear aligner therapy: A prospective study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2023;164(2):194-200.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-28]