دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۵ آذر ۱۴۰۵

شناسایی سیستم ایمپلنت در رادیوگرافی با یادگیری عمیق: دقت و محدودیت‌ها

مدل‌های یادگیری عمیق در شناسایی سیستم ایمپلنت از رادیوگرافی پانورامیک و پری‌اپیکال دقت بالایی نشان داده‌اند؛ در متاآنالیز Chaurasia و همکاران با حجم نمونه تجمیعی ۴۶,۶۴۵ تصویر، دقت کلی ۹۲٫۱۶ درصد بود.[۱] با این حال، خطر سوگیری بیشتر مطالعات بالا یا نامشخص گزارش شده[۱، ۲] و این ابزارها فعلاً کمک تصمیم‌گیری‌اند، نه جایگزین سوابق درمانی و قضاوت بالینی.

نکات کلیدی این مقاله

- دقت وزنی تجمیعی یادگیری عمیق در شناسایی و طبقه‌بندی سیستم ایمپلنت ۹۲٫۱۶ درصد (فاصله اطمینان ۹۵٪: ۹۰٫۸ تا ۹۳٫۵) بود.[۱]
- دامنه دقت در مرورهای سیستماتیک از حدود ۶۷ درصد تا ۹۹ درصد گزارش شده است.[۲، ۳]
- در داده چندمرکزی ۱۵۰,۷۳۳ تصویری، دقت مدل ۸۲٫۰ درصد و میانگین دقت دندانپزشکان متخصص ایمپلنت ۴۳٫۳ درصد بود.[۴]
- زمان خوانش و طبقه‌بندی مدل ۴٫۵ دقیقه و زمان متخصصان به‌طور میانگین ۷۵٫۶ دقیقه بود.[۴]
- در مرور ۲۹ مطالعه، فقط ۴ مطالعه خطر سوگیری پایین داشتند.[۲]

وقتی بیمار با ایمپلنتی از مرکز دیگر مراجعه می‌کند و سوابق درمانی در دسترس نیست، تعیین سازنده و نوع فیکسچر برای تهیه قطعات پروتزی، تعمیر یا درمان عوارض دشوار می‌شود. تنوع زیاد سیستم‌های ایمپلنت این کار را برای دندانپزشک سخت‌تر کرده و هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری برای طبقه‌بندی تصویر در این زمینه به کار رفته است.[۳] این مقاله شواهد مرورهای سیستماتیک و یک مطالعه چندمرکزی بزرگ را درباره شناسایی سیستم ایمپلنت با یادگیری عمیق برای رادیولوژیست دهان، فک و صورت مرور می‌کند.

فهرست مطالب

1. شناسایی سیستم ایمپلنت در شواهد مرورهای سیستماتیک
2. مقایسه مدل با دندانپزشکان در داده چندمرکزی

3. محدودیت‌ها و خطر سوگیری
4. نکات کاربردی برای رادیولوژیست
5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

شناسایی سیستم ایمپلنت در شواهد مرورهای سیستماتیک

Chaurasia و همکاران در مرور سیستماتیک و متاآنالیزی که در PROSPERO ثبت شده بود، از میان ۱,۲۹۳ رکورد ۹ مطالعه را وارد کردند. همه مطالعات دقت مدل‌های یادگیری عمیق را روی تصاویر پانورامیک و پری‌اپیکال سنجیده بودند. دقت طبقه‌بندی در مطالعات از ۷۰٫۷۵ تا ۹۸٫۱۹ درصد متغیر بود و دقت وزنی کلی با حجم نمونه تجمیعی ۴۶,۶۴۵ به ۹۲٫۱۶ درصد رسید.[۱]

Ibraheem در مرور سیستماتیک دیگری ۲۱ مقاله را با QUADAS-2 ارزیابی کرد؛ ۱۴ مطالعه در یک یا چند حوزه خطر سوگیری بالا یا نامشخص داشتند و ۷ مطالعه کم‌خطر بودند. دقت کلی مدل‌ها از ۶۷ تا ۹۸٫۵ درصد بود و بیشتر مطالعات میانگین دقت بالای ۹۰ درصد گزارش کردند.[۳]

خلاصه مرورهای سیستماتیک درباره شناسایی سیستم ایمپلنت با هوش مصنوعی

مرور	مطالعات واردشده	دامنه یا مقدار دقت	کیفیت شواهد
Chaurasia و همکاران ۲۰۲۴	۹ مطالعه؛ پانورامیک و پری‌اپیکال	۷۰٫۷۵ تا ۹۸٫۱۹ درصد؛ دقت وزنی ۹۲٫۱۶ درصد	خطر سوگیری و نگرانی کاربردپذیری در بیشتر مطالعات بالا
Ibraheem ۲۰۲۴	۲۱ مطالعه؛ تصاویر دوبعدی	۶۷ تا ۹۸٫۵ درصد؛ بیشتر بالای ۹۰ درصد	۱۴ مطالعه با خطر سوگیری بالا یا نامشخص

مرور	مطالعات واردشده	دامنه یا مقدار دقت	کیفیت شواهد
Bonfanti-Gris و همکاران ۲۰۲۵	۲۹ مطالعه؛ طبقه‌بندی ایمپلنت و پاتولوژی پری‌ایمپلنت	۶۷ تا ۹۹ درصد در طبقه‌بندی؛ بالای ۷۸٫۶ درصد در پاتولوژی	۱۰ پرخطر، ۱۵ نامشخص، ۴ کم‌خطر

منبع: Chaurasia و همکاران، J Periodontal Implant Sci 2024؛ Ibraheem، Diagnostics 2024؛ Bonfanti-Gris و همکاران، J Dent 2025.

> «مدل‌های یادگیری عمیق در شناسایی و طبقه‌بندی سیستم‌های ایمپلنت با استفاده از تصاویر رادیوگرافی پانورامیک و پری‌اپیکال دقت بالایی نشان دادند.»
>
> "DL models showed high accuracy in identifying and classifying DISs using panoramic and periapical radiographic images."
>
> — Chaurasia و همکاران، J Periodontal Implant Sci 2024[1]

طبقه‌بندی ایمپلنت و پاتولوژی پری‌ایمپلنت

Bonfanti-Gris و همکاران مرور را به شناسایی پاتولوژی پری‌ایمپلنت در رادیوگرافی دوبعدی نیز گسترش دادند. از ۱,۴۶۵ رکورد، ۲۹ مطالعه تحلیل کیفی شد. دقت طبقه‌بندی ایمپلنت ۶۷ تا ۹۹ درصد و دقت تشخیص پاتولوژی پری‌ایمپلنت بالای ۷۸٫۶ درصد بود. نویسندگان روش‌هایی مانند یادگیری فدرال را برای بهبود تعمیم‌پذیری مدل‌ها پیشنهاد کردند.[۲]

مقایسه مدل با دندانپزشکان در داده چندمرکزی

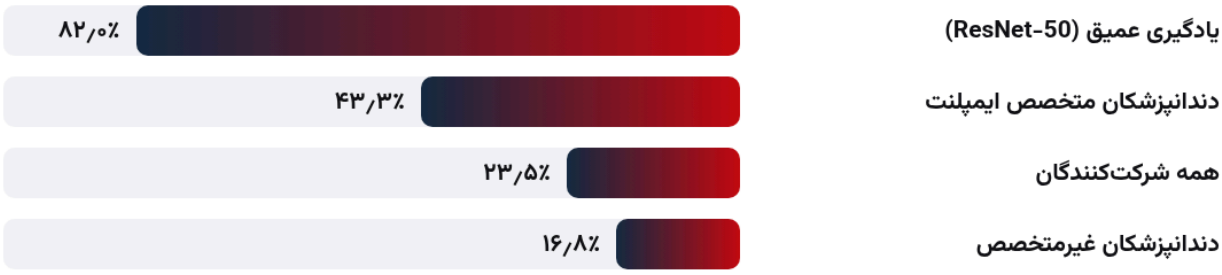
Park و همکاران داده‌ای از ۵ بیمارستان دانشکده دندانپزشکی و ۱۰ مطب خصوصی جمع کردند که شامل ۳۷,۴۴۲ تصویر پری‌اپیکال (۲۴٫۸ درصد) و ۱۱۳,۲۹۱ تصویر پانورامیک (۷۵٫۲ درصد) از ۲۵ نوع سیستم ایمپلنت متعلق به ۱۰ سازنده بود. مدل بر پایه معماری ResNet-50 پیش‌آموزش‌دیده و اصلاح‌شده ساخته شد.[۴]

دقت مدل ۸۲٫۰ درصد (فاصله اطمینان ۹۵٪: ۷۵٫۹ تا ۸۷٫۰) بود، در حالی که میانگین دقت همه شرکت‌کنندگان ۲۳٫۵ درصد، دندانپزشکان متخصص ایمپلنت ۴۳٫۳ درصد و غیرمتخصصان ۱۶٫۸ درصد بود. زمان خوانش مدل ۴٫۵ دقیقه و زمان متخصصان و غیرمتخصصان به ترتیب ۷۵٫۶ و ۹۱٫۳ دقیقه بود.[۴]

دانشنامه علمی چاوش طب آذین

دقت طبقه‌بندی سیستم ایمپلنت در داده چندمرکزی

درصد دقت؛ ۲۵ نوع سیستم از ۱۰ سازنده



منبع: Park و همکاران (۲۰۲۳)

دقت طبقه‌بندی سیستم ایمپلنت توسط مدل و گروه‌های دندانپزشکان؛ نمودار تحریریه بر پایه داده Park و همکاران.

یافته‌های مطالعه چندمرکزی Park و همکاران

شاخص	یادگیری عمیق	دندانپزشکان متخصص ایمپلنت	دندانپزشکان غیرمتخصص
دقت طبقه‌بندی	۸۲٫۰ درصد	۴۳٫۳ درصد (میانگین)	۱۶٫۸ درصد (میانگین)
زمان خوانش و طبقه‌بندی	۴٫۵ دقیقه	۷۵٫۶ دقیقه (میانگین)	۹۱٫۳ دقیقه (میانگین)
حجم داده	۱۵۰,۷۳۳ تصویر از ۱۵ مرکز	ارزیابی با پرسشنامه خوداظهاری	ارزیابی با پرسشنامه خوداظهاری

منبع: Park و همکاران، J Dent Res 2023.

> «یادگیری عمیق به‌عنوان ابزار کمکی تصمیم‌گیری می‌تواند با موفقیت برای شناسایی و طبقه‌بندی سیستم‌های ایمپلنت در عمل بالینی به کار رود.»

> “DL as a decision support aid can be successfully used for the identification and classification of DISs encountered in clinical practice.”
>
> — Park و همکاران، J Dent Res 2023[۴]

برداشت تحریریه: دقت ۸۲ درصدی مدل در داده چندمرکزی پایین‌تر از اعداد بالای ۹۰ درصد برخی مطالعات تک‌مرکزی است؛ این تفاوت با افزایش تنوع تصاویر و تعداد کلاس‌ها سازگار است و نشان می‌دهد اعداد مطالعات کوچک را نباید مستقیماً به عمل بالینی تعمیم داد.

محدودیت‌ها و خطر سوگیری

در متاآنالیز Chaurasia خطر سوگیری و نگرانی کاربردپذیری در بیشتر مطالعات، به‌ویژه در انتخاب داده و استاندارد مرجع، بالا ارزیابی شد و نویسندگان بر محدودیت کاربرد در عمل بالینی واقعی تأکید کردند.[۱] در مرور Bonfanti-Gris نیز فقط ۴ مطالعه از ۲۹ مطالعه کم‌خطر بودند.[۲]

> «اگرچه مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، به‌ویژه شبکه‌های عصبی پیچشی، در طبقه‌بندی ایمپلنت و تشخیص پاتولوژی پری‌ایمپلنت دقت بالایی نشان داده‌اند، چند محدودیت باید پیش از کاربرد گسترده بالینی برطرف شود.»
>
> “While AI-based models, particularly convolutional neural networks, have shown high accuracy in dental implant classification and peri-implant pathology detection, several limitations must be addressed before widespread clinical application.”
>
> — Bonfanti-Gris و همکاران، J Dent 2025[۲]

نکات کاربردی برای رادیولوژیست

- خروجی مدل شناسایی سیستم ایمپلنت را پیشنهاد احتمالی بدانید و در صورت امکان با سوابق بیمار یا مرکز درمانی قبلی تطبیق دهید.[۱، ۴]
- هنگام ارزیابی یک ابزار، به تعداد سیستم‌ها و سازندگان در داده آموزشی توجه کنید؛ مدل فقط کلاس‌هایی را می‌شناسد که دیده است.[۴]
- دقت گزارش‌شده در مطالعات با خطر سوگیری بالا را با احتیاط تفسیر کنید و به نوع استاندارد مرجع دقت کنید.[۱، ۳]
- کیفیت تصویر و نمای فیکسچر در رادیوگرافی را برای کاربرد این ابزارها مهم بدانید؛ مطالعات روی تصاویر دوبعدی پانورامیک و پری‌اپیکال انجام شده‌اند.[۱، ۲]

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی شناسایی سیستم ایمپلنت با یادگیری عمیق

محور	نکته کلیدی
دقت تجمیعی	۹۲٫۱۶ درصد در متاآنالیز ۹ مطالعه
دامنه دقت	حدود ۶۷ تا ۹۹ درصد در مرورها
داده چندمرکزی	مدل ۸۲٫۰ درصد؛ متخصصان ۴۳٫۳ درصد
زمان	۴٫۵ دقیقه برای مدل؛ ۷۵٫۶ دقیقه برای متخصصان
کیفیت شواهد	خطر سوگیری بالا یا نامشخص در بیشتر مطالعات
جایگاه بالینی	ابزار کمک تصمیم‌گیری، همراه با تأیید سوابق

منبع: جمع‌بندی تحریریه بر پایه منابع فهرست‌شده در همین مقاله.

پرسش‌های متداول

هدف شناسایی سیستم ایمپلنت در رادیوگرافی چیست؟

تعیین سازنده و نوع ایمپلنت وقتی سوابق قبلی در دسترس نیست، تا تهیه قطعات، تعمیر و درمان عوارض ممکن شود.[۳]

دقت یادگیری عمیق در این کار چقدر است؟

در متاآنالیز ۹ مطالعه، دقت وزنی کلی ۹۲٫۱۶ درصد و دامنه دقت ۷۰٫۷۵ تا ۹۸٫۱۹ درصد بود.[۱]

آیا مدل از دندانپزشک دقیق‌تر است؟

در مطالعه چندمرکزی Park، دقت مدل ۸۲٫۰ درصد و میانگین دقت متخصصان ایمپلنت ۴۳٫۳ درصد بود.[۴]

کدام نوع رادیوگرافی در این مطالعات استفاده شده است؟

رادیوگرافی پانورامیک و پری‌اپیکال؛ در داده Park حدود ۷۵ درصد تصاویر پانورامیک بودند.[۱، ۴]

آیا هوش مصنوعی پری‌ایمپلنتیت را هم تشخیص می‌دهد؟

در مرور Bonfanti-Gris دقت تشخیص پاتولوژی پری‌ایمپلنت بالای ۷۸٫۶ درصد گزارش شد، اما شواهد هنوز محدود است.[۲]

مهم‌ترین محدودیت این شواهد چیست؟

خطر سوگیری بالا یا نامشخص در بیشتر مطالعات، به‌ویژه در انتخاب داده و استاندارد مرجع.[۱، ۲]

جمع‌بندی

شناسایی سیستم ایمپلنت با یادگیری عمیق در رادیوگرافی پانورامیک و پری‌اپیکال در مطالعات دقت بالایی دارد و در یک داده چندمرکزی از دندانپزشکان متخصص دقیق‌تر و سریع‌تر بود. با این حال، کیفیت روش‌شناختی بیشتر مطالعات محدود است و مدل‌ها فقط سیستم‌هایی را می‌شناسند که در داده آموزشی وجود داشته‌اند. این ابزارها را باید کمک تصمیم‌گیری دانست و نتیجه آن‌ها را با سوابق بیمار تأیید کرد.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- هوش مصنوعی رادیولوژی دندان و فک: کاربردها و محدودیت‌ها
- تصویربرداری پیگیری ایمپلنت: پری‌اپیکال، CBCT و استخوان مارژینال
- برنامه‌ریزی ایمپلنت با هوش مصنوعی: شواهد مرورهای سیستماتیک
- شناسایی و شماره‌گذاری خودکار دندان در پانورامیک
- ارزیابی منتقدانه مطالعات دقت تشخیصی
- راهنماهای گزارش‌دهی و سوگیری در هوش مصنوعی تصویربرداری دندانی

منابع

شماره‌های بالانویس در متن به همین فهرست پیوند دارند؛ هر منبع با شناسه DOI یا نشانی رسمی ناشر قابل بررسی است.

1. Chaurasia A, Namachivayam A, Koca-Ünsal RB, Lee JH. Deep-learning performance in identifying and classifying dental implant systems from dental imaging: a systematic review and meta-analysis. J Periodontal Implant Sci. 2024;54(1):3-12. DOI PubMed PMC

2. Bonfanti-Gris M, Ruales E, Salido MP, Martinez-Rus F, Özcan M, Pradies G. Artificial intelligence for dental implant classification and peri-implant pathology identification in 2D radiographs: A systematic

review. J Dent. 2025;153:105533. DOI PubMed

3. Ibraheem WI. Accuracy of Artificial Intelligence Models in Dental Implant Fixture Identification and Classification from Radiographs: A Systematic Review. Diagnostics (Basel). 2024;14(8):806. DOI PubMed PMC

4. Park W, Schwendicke F, Krois J, Huh JK, Lee JH. Identification of Dental Implant Systems Using a Large-Scale Multicenter Data Set. J Dent Res. 2023;102(7):727-733. DOI PubMed

---

درباره نویسنده: تیم تحریریه علمی چاوش طب آذین

این مقاله را تیم تحریریه علمی چاوش طب آذین بر پایه منابع داوری‌شده و بیانیه‌های رسمی فهرست‌شده تهیه کرده است؛ ادعای بازبینی بالینی مستقل ندارد و جایگزین قضاوت متخصص نیست. آخرین به‌روزرسانی: ۵ آذر ۱۴۰۵.