دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲ آذر ۱۴۰۵

تشخیص و شماره‌گذاری خودکار دندان‌ها در رادیوگرافی پانورامیک با یادگیری عمیق

شماره‌گذاری خودکار دندان با شبکه‌های عصبی کانولوشنی در پانورامیک به عملکرد بالایی رسیده است: در مرور مرورهای سیستماتیک، دقت شناسایی و شماره‌گذاری دندان ۹۳٫۶۷ درصد گزارش شد[۱] و یک سامانه سه‌مرحله‌ای روی ۵۹۱ پانورامیک به F1 برابر ۰٫۹۸ رسید.[۲] با این حال، دندان‌های دارای روکش، ایمپلنت، باقی‌مانده ریشه و دندان‌های مجاور فضای بی‌دندانی همچنان منبع خطا هستند.[۳]

نکات کلیدی این مقاله

- در مرور ۱۲ مرور سیستماتیک، دقت شناسایی و شماره‌گذاری دندان در پانورامیک ۹۳٫۶۷ درصد بود.[۱]
- سامانه U-Net + Faster R-CNN + VGG-16 روی ۱۷۱۳۵ دندان از ۵۹۱ پانورامیک، فراخوانی و دقت ۰٫۹۹ در تشخیص و F1 برابر ۰٫۹۸ در شماره‌گذاری داشت.[۲]
- مدل YOLO v4 با دقت ۸۸٫۵ درصد و F1 برابر ۹۳٫۴۴ درصد، هر تصویر را در حدود ۲۰٫۵۸ میلی‌ثانیه شماره‌گذاری کرد.[۴]
- خطاهای مثبت و منفی کاذب بیشتر در دندان‌های پوسیده، روکش‌دار، ایمپلنت، باقی‌مانده ریشه، دندان عقل و دندان درمان ریشه‌شده دیده شده است.[۳]
- شواهد عمدتاً روی دندان‌های دائمی بزرگسالان است و دندانی شیری و مختلط کمتر بررسی شده است.[۳]

شماره‌گذاری دندان‌ها نخستین گام بسیاری از گزارش‌های پانورامیک است: پر کردن چارت دندانی، ثبت یافته‌ها برای هر دندان و حتی مقایسه پیش و پس از مرگ در دندانپزشکی قانونی به آن وابسته است. شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) این کار را به‌صورت تشخیص شیء، طبقه‌بندی یا سگمنتیشن انجام می‌دهند.[۳] این مقاله شواهد مرورهای سیستماتیک و دو مطالعه شاخص را برای رادیولوژیست دهان و فک خلاصه می‌کند و نشان می‌دهد این ابزارها کجا قابل اتکا هستند و کجا بازبینی انسانی ضروری است.

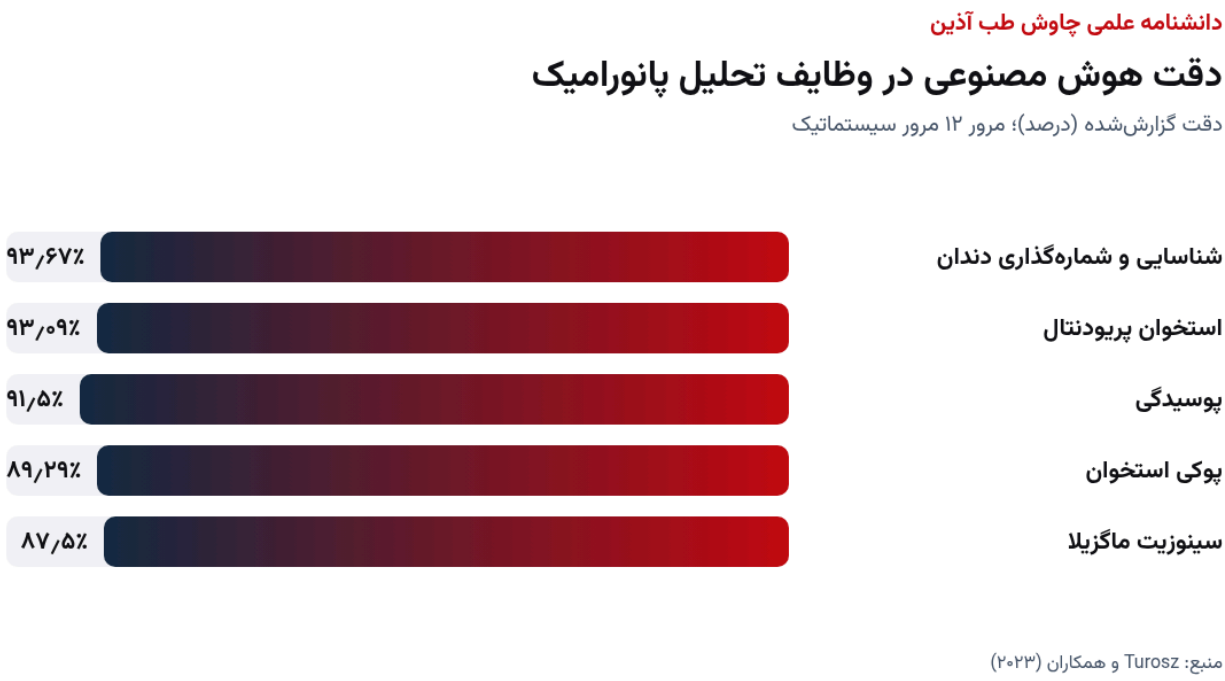
فهرست مطالب

1. شماره‌گذاری خودکار دندان: جایگاه در هوش مصنوعی پانورامیک

2. معماری مدل‌ها و نتایج مطالعات شاخص
3. خطاهای رایج و محدودیت داده‌ها
4. نکات کاربردی برای رادیولوژیست
5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

شماره‌گذاری خودکار دندان: جایگاه در هوش مصنوعی پانورامیک

Turosz و همکاران در مرور مرورهای سیستماتیک، ۱۲ مقاله را تحلیل کردند و نشان دادند فناوری تحلیل پانورامیک از ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۳ به‌سرعت پیشرفت کرده است. در این مرور، شناسایی و شماره‌گذاری دندان با دقت ۹۳٫۶۷ درصد در کنار وظایفی مانند تشخیص پوسیدگی و تحلیل استخوان پریودنتال قرار گرفت.[1]



دقت گزارش‌شده مدل‌های هوش مصنوعی در وظایف تحلیل پانورامیک؛ نمودار تحریریه بر پایه Turosz و همکاران.

دقت گزارش‌شده مدل‌های هوش مصنوعی در وظایف مختلف تحلیل پانورامیک

وظیفه	دقت گزارش‌شده
شناسایی و شماره‌گذاری دندان	۹۳٫۶۷٪
تحلیل استخوان پریودنتال	۹۳٫۰۹٪
تشخیص پوسیدگی	۹۱٫۵٪
پوکی استخوان	۸۹٫۲۹٪
سینوزیت ماگزیلا	۸۷٫۵٪

منبع: Turosz و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2023.

نویسندگان تأکید کردند که تعداد کم و ناهمگونی مطالعات اولیه، تفسیر این اعداد را محتاطانه می‌کند.[۱]

> «از آنجا که مرورهای سیستماتیک درباره هوش مصنوعی به‌سرعت کهنه می‌شوند، به‌روزرسانی منظم آن‌ها توصیه می‌شود.»
>
> “As systematic reviews on AI become outdated quickly, their regular updating is recommended.”
>
> — Turosz و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2023[۱]

معماری مدل‌ها و نتایج مطالعات شاخص

سامانه سه‌مرحله‌ای U-Net، Faster R-CNN و VGG-16

Estai و همکاران ۵۹۱ پانورامیک دیجیتال بیماران بالای ۱۸ سال را با برچسب‌گذاری سه دندانپزشک به‌عنوان استاندارد مرجع به کار بردند. U-Net ناحیه دندان‌ها را جدا کرد، Faster R-CNN هر دندان را در این ناحیه شناسایی کرد و VGG-16 دندان را در ۳۲ کلاس طبقه‌بندی و شماره‌گذاری کرد. در مجموع ۱۷۱۳۵ دندان برای آموزش و اعتبارسنجی استفاده شد.[۲]

ماژول تشخیص ناحیه IoU برابر ۰٫۷۰ داشت، ماژول تشخیص دندان به فراخوانی و دقت ۰٫۹۹ رسید و ماژول شماره‌گذاری فراخوانی، دقت و F1 برابر ۰٫۹۸ نشان داد.[۲]

«یادگیری عمیق می‌تواند در تکمیل خودکار چارت دندانی در دندانپزشکی عمومی و پزشکی قانونی مفید باشد.»

“Deep learning can be helpful in the automatic filing of dental charts in general dentistry and forensic medicine.”

— Estai و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2022[۲]

مدل YOLO v4 و مقایسه زمان با رادیولوژیست

Putra و همکاران ۵۰۰ پانورامیک را با نسبت ۸۰ به ۲۰ به داده آموزش و آزمون تقسیم کردند و دندان‌ها را بر پایه سیستم Universal در ۳۲ کلاس برچسب زدند. YOLO v4 به دقت کلی ۸۸٫۵ درصد، precision برابر ۸۷٫۷۰ درصد، فراخوانی ۱۰۰ درصد و F1 برابر ۹۳٫۴۴ درصد رسید و میانگین زمان شماره‌گذاری آن ۲۰٫۵۸ ± ۰٫۲۹ میلی‌ثانیه بود که به‌طور معناداری از رادیولوژیست سریع‌تر بود.[۴]

مقایسه دو مطالعه شاخص شماره‌گذاری خودکار دندان در پانورامیک

ویژگی	Estai و همکاران (۲۰۲۲)	Putra و همکاران (۲۰۲۴)
حجم داده	۵۹۱ پانورامیک، ۱۷۱۳۵ دندان	۵۰۰ پانورامیک
معماری	U-Net + Faster R-CNN + VGG-16	YOLO v4
تقسیم داده	۹۰٪ آموزش، ۱۰٪ اعتبارسنجی، اعتبارسنجی متقاطع ۱۰ بخشی	۸۰٪ آموزش، ۲۰٪ آزمون
شاخص اصلی	F1 شماره‌گذاری ۰٫۹۸	F1 برابر ۹۳٫۴۴٪، دقت ۸۸٫۵٪
نکته ویژه	IoU ناحیه ۰٫۷۰	زمان ۲۰٫۵۸ میلی‌ثانیه، سریع‌تر از انسان

منبع: Estai و همکاران، Dentomaxillofac Radiol 2022؛ Putra و همکاران، Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2024.



نمونه پانورامیک با دندانی دائمی؛ دندان عقل نهفته از موقعیت‌هایی است که مدل‌های شماره‌گذاری در آن خطای بیشتری دارند.
تصویر: Coronation Dental Specialty Group، Wikimedia Commons؛ مجوز CC BY 3.0، با تغییر اندازه.

خطاهای رایج و محدودیت داده‌ها

مرور دامنه‌ای Putra و همکاران ۱۲ مطالعه را شامل شد: ۱۱ مطالعه از CNN برای تشخیص، ۵ مطالعه برای طبقه‌بندی و ۳ مطالعه برای سگمنتیشن استفاده کرده بودند. بیشتر مدل‌ها عملکرد بالایی داشتند، اما خطای مثبت و منفی کاذب در دندان‌های پوسیده، دندان‌های دارای روکش، دندان‌های مجاور ناحیه بی‌دندانی، ایمپلنت‌ها، باقی‌مانده ریشه، دندان عقل و دندان‌های درمان ریشه‌شده گزارش شد.[۳]

به گفته نویسندگان، کیفیت و کمیت مجموعه داده و بهینه‌سازی معماری CNN راه اصلی کاهش این خطاهاست.[۳]

> «توسعه آینده مدل‌های مبتنی بر CNN برای این هدف باید مراحل مختلف دندانی، مانند دندانی شیری و مختلط، و نیز وجود شرایط گوناگون دندان را در نظر بگیرد.»
>
> “Future development of CNN-based models for this purpose should also consider different stages of dentition, such as the primary and mixed dentition stages, as well as the presence of various tooth conditions.”
>
> — Putra و همکاران، Imaging Sci Dent 2023[۳]

نکات کاربردی برای رادیولوژیست

- خروجی شماره‌گذاری خودکار را پیش‌نویس گزارش بدانید و در دندان‌های روکش‌دار، ایمپلنت، باقی‌مانده ریشه و دندان عقل آن را دستی کنترل کنید.[۳]
- در بیماران کودک و دندانی مختلط، به نتایج مدل‌های آموزش‌دیده روی دندان‌های دائمی بزرگسالان اتکا نکنید.[۲، ۳]
- هنگام ارزیابی یک محصول، اندازه داده، استاندارد مرجع و نوع اعتبارسنجی را مانند مطالعات شاخص بررسی کنید.[۲، ۴]
- کیفیت پانورامیک و خطاهای موقعیت‌دهی بیمار بر هر تحلیل خودکار اثر می‌گذارد؛ کنترل کیفیت تصویر مقدم بر هوش مصنوعی است.

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی شماره‌گذاری خودکار دندان در پانورامیک

محور	نکته کلیدی
دقت تجمیعی	۹۳٫۶۷٪ در مرور مرورهای سیستماتیک
بهترین نتیجه گزارش‌شده	F1 برابر ۰٫۹۸ در سامانه سه‌مرحله‌ای
سرعت	حدود ۲۰ میلی‌ثانیه برای هر تصویر با YOLO v4
منابع خطا	روکش، ایمپلنت، باقی‌مانده ریشه، دندان عقل
شکاف شواهد	دندانی شیری و مختلط
کاربرد بالینی	پیش‌نویس چارت دندانی با بازبینی متخصص

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

پرسش‌های متداول

شماره‌گذاری خودکار دندان با هوش مصنوعی چقدر دقیق است؟

در مرور مرورهای سیستماتیک، دقت شناسایی و شماره‌گذاری دندان در پانورامیک ۹۳٫۶۷ درصد گزارش شد.[۱]

کدام معماری‌ها برای این کار استفاده شده‌اند؟

بیشتر مطالعات از CNN برای تشخیص شیء استفاده کرده‌اند؛ نمونه‌ها شامل ترکیب Faster R-CNN، U-Net و VGG-16 و مدل YOLO v4 است.[۲، ۳، ۴]

مدل‌ها در کدام دندان‌ها بیشتر خطا می‌کنند؟

دندان‌های پوسیده، روکش‌دار، مجاور فضای بی‌دندانی، ایمپلنت، باقی‌مانده ریشه، دندان عقل و دندان درمان ریشه‌شده.[۳]

آیا هوش مصنوعی از رادیولوژیست سریع‌تر است؟

بله؛ YOLO v4 با میانگین ۲۰٫۵۸ میلی‌ثانیه به‌طور معناداری سریع‌تر از رادیولوژیست بود.[۴]

آیا این مدل‌ها برای کودکان هم مناسب‌اند؟

شواهد عمدتاً روی دندان‌های دائمی است و مرور دامنه‌ای بررسی دندانی شیری و مختلط را برای آینده توصیه می‌کند.[۳]

چرا اعداد مرورهای سیستماتیک باید با احتیاط تفسیر شوند؟

زیرا مطالعات اولیه کم و ناهمگون هستند و این مرورها به‌سرعت کهنه می‌شوند.[۱]

جمع‌بندی

شماره‌گذاری خودکار دندان در پانورامیک یکی از بالغ‌ترین کاربردهای یادگیری عمیق در رادیولوژی دهان و فک است و در مطالعات شاخص به F1 بالای ۰٫۹ رسیده است. با این حال، عملکرد در دندان‌های ترمیم‌شده، ایمپلنت، باقی‌مانده ریشه و دندانی مختلط هنوز محدود است. بهترین کاربرد فعلی، پیش‌نویس خودکار چارت دندانی با بازبینی متخصص و ارزیابی محلی ابزار پیش از استفاده بالینی است.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- هوش مصنوعی در رادیولوژی دهان، فک و صورت
- سگمنتیشن دندان در CBCT با هوش مصنوعی

- تخمین سن دندانی با پانورامیک
- تشخیص تحلیل استخوان پریودنتال با یادگیری عمیق
- چک‌لیست‌های گزارش‌دهی هوش مصنوعی تصویربرداری دندانی
- خطاهای موقعیت‌دهی در رادیوگرافی پانورامیک

منابع

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

1. Turosz N, Chęcińska K, Chęciński M, Brzozowska A, Nowak Z, Sikora M. Applications of artificial intelligence in the analysis of dental panoramic radiographs: an overview of systematic reviews. Dentomaxillofac Radiol. 2023;52(7):20230284. DOI PubMed PMC

2. Estai M, Tennant M, Gebauer D, Brostek A, Vignarajan J, Mehdizadeh M, et al. Deep learning for automated detection and numbering of permanent teeth on panoramic images. Dentomaxillofac Radiol. 2022;51(2):20210296. DOI PubMed PMC

3. Putra RH, Astuti ER, Nurrachman AS, Putri DK, Ghazali AB, Pradini TA, et al. Convolutional neural networks for automated tooth numbering on panoramic radiographs: A scoping review. Imaging Sci Dent. 2023;53(4):271-281. DOI PubMed PMC

4. Putra RH, Astuti ER, Putri DK, Widiasri M, Laksanti PAM, Majidah H, et al. Automated permanent tooth detection and numbering on panoramic radiograph using a deep learning approach. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2024;137(5):537-544. 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: ۲ آذر ۱۴۰۵.