سگمنتیشن دندان در CBCT با هوش مصنوعی: دقت، زمان و کاربردهای بالینی

متاآنالیز ۳۵ مطالعه، ضریب Dice تجمیعی سگمنتیشن دندان با هوش مصنوعی در CBCT را ۰٫۹۵ و زمان آن را ۱٫۵ ثانیه تا ۳٫۴ دقیقه گزارش کرد. مطالعات اعتبارسنجی سرعتی ۶ تا بیش از ۱۸۰۰ برابر روش دستی نشان داده‌اند، اما آرتیفکت فلز و تنوع دستگاه‌ها هنوز محدودیت اصلی است و بازبینی متخصص ضروری می‌ماند.

نکات کلیدی این مقاله

- ضریب Dice تجمیعی سگمنتیشن دندان با هوش مصنوعی در ۳۵ مطالعه ۰٫۹۵ بود.[۲]
- زمان سگمنتیشن با هوش مصنوعی در هفت مطالعه از ۱٫۵ ثانیه تا ۳٫۴ دقیقه گزارش شد.[۲]
- شبکه‌های کانولوشنی، به‌ویژه U-Net، رایج‌ترین معماری بودند.[۲]
- یک سامانه 3D U-Net همه دندان‌ها را بیش از ۱۸۰۰ برابر سریع‌تر از متخصص سگمنت کرد.[۳]
- Dice تجمیعی در مرور ۳۰ مطالعه برای دندان ۰٫۹۲۵ و برای کانال مندیبولار ۰٫۶۹۴ بود.[۴]

سگمنتیشن سه‌بعدی دندان در CBCT پایه برنامه‌ریزی ارتودنسی، ایمپلنت، اتوترانسپلنت و جراحی هدایت‌شده است، اما انجام دستی آن به دلیل رزولوشن کنتراست محدود و آرتیفکت‌ها زمان‌بر است.[۱] این مقاله شواهد دقت و کارایی زمانی روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی را برای رادیولوژیست دهان و فک مرور می‌کند.[۲]

فهرست مطالب

1. سگمنتیشن دندان و شاخص‌های ارزیابی
2. شواهد متاآنالیز
3. مطالعات اعتبارسنجی کلیدی
4. محدودیت‌ها و کاربرد بالینی
5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول

7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

سگمنتیشن دندان و شاخص‌های ارزیابی

در مطالعات سگمنتیشن، خروجی الگوریتم با مرجع دستی یا نیمه‌خودکار مقایسه می‌شود. ضریب Dice و IoU میزان هم‌پوشانی حجمی را می‌سنجند و فاصله Hausdorff یا میانگین فاصله سطحی، بزرگی خطای مرزی را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد.[۲، ۳] برداشت تحریریه: Dice بالا لزوماً به معنای مرز دقیق در ناحیه اپکس ریشه نیست و شاخص فاصله سطحی برای کاربردهای جراحی اهمیت بیشتری دارد.

شواهد متاآنالیز

Xiang و همکاران از ۵,۶۴۲ رکورد، ۳۵ مطالعه را وارد مرور کردند. ضریب Dice تجمیعی ۰٫۹۵ (۰٫۹۴ تا ۰٫۹۶) بود و هفت مطالعه زمان سگمنتیشن را بین ۱٫۵ ثانیه تا ۳٫۴ دقیقه گزارش کردند. نویسندگان اصلاح آرتیفکت فلز و سگمنتیشن ساختارهای دندان در مدالیته‌های مختلف را موضوع پژوهش‌های آینده دانستند.[۲]

> «مدل‌های هوش مصنوعی در سگمنتیشن خودکار دندان‌ها از تصاویر CBCT دقت مطلوبی نشان دادند و در عین حال زمان لازم برای این فرایند را کاهش دادند.»
>
> “AI models demonstrated favorable accuracy in automatically segmenting teeth from CBCT images while reducing the time required for the process.”
>
> — Xiang و همکاران، J Dent 2024[۲]

مرور Alahmari و همکاران با ۳۰ مطالعه CBCT و CT، Dice تجمیعی را برای دندان ۰٫۹۲۵، مندیبل ۰٫۹۴، ماگزیلا ۰٫۹۰۷ و کانال مندیبولار ۰٫۶۹۴ گزارش کرد؛ میانگین فاصله سطحی برای دندان ۰٫۱۸۹ میلی‌متر بود.[۴]

دانشنامه علمی چاوش طب آذین

دقت سگمنتیشن هوش مصنوعی بر حسب ساختار

ضریب Dice تجمیعی در مرور ۳۰ مطالعه CBCT و CT



منبع: Alahmari M و همکاران، BMC Oral Health 2025;25(1):350.

Dice تجمیعی بر حسب ساختار؛ نمودار تحریریه بر پایه Alahmari و همکاران (۲۰۲۵).

مطالعات اعتبارسنجی کلیدی

Shaheen و همکاران با ۱۸۶ اسکن از دو دستگاه با تنظیمات متفاوت، یک چارچوب سه‌مرحله‌ای 3D U-Net ساختند. در مجموعه آزمون، دقت (precision) ۰٫۹۸ و بازخوانی (recall) ۰٫۸۳ و فاصله Hausdorff صدک ۹۵ برابر ۰٫۵۶ میلی‌متر بود؛ سگمنتیشن همه دندان‌ها بیش از ۱۸۰۰ برابر سریع‌تر از متخصص انجام شد و طبقه‌بندی دندان‌ها بازخوانی ۹۸٫۵٪ و دقت ۹۷٫۹٪ داشت.[۳]

Lahoud و همکاران ۴۳۳ دندان تک‌ریشه و دوریشه از ۳۱۴ اسکن را بررسی کردند. IoU روش تمام‌خودکار و اصلاح‌شده نسبت به مرجع نیمه‌خودکار ۰٫۸۷ و ۰٫۸۸ بود؛ زمان از ۶٫۶ دقیقه در روش نیمه‌خودکار به ۰٫۵ دقیقه (۱۲ برابر سریع‌تر) در روش تمام‌خودکار و ۱٫۲ دقیقه (۶ برابر سریع‌تر) در روش اصلاح‌شده رسید.[۱]

خلاصه شواهد سگمنتیشن دندان با هوش مصنوعی در CBCT

مطالعه	داده	شاخص دقت	زمان
Xiang ۲۰۲۴ (متاآنالیز)	۳۵ مطالعه	Dice تجمیعی ۰٫۹۵	۱٫۵ ثانیه تا ۳٫۴ دقیقه

مطالعه	داده	شاخص دقت	زمان
Alahmari ۲۰۲۵ (مرور)	۳۰ مطالعه	Dice دندان ۰٫۹۲۵؛ ASD ۰٫۱۸۹ mm	گزارش نشده در چکیده
Shaheen ۲۰۲۱	۱۸۶ اسکن، دو دستگاه	Precision ۰٫۹۸؛ HD95 ۰٫۵۶ mm	بیش از ۱۸۰۰ برابر سریع‌تر
Lahoud ۲۰۲۱	۴۳۳ دندان از ۳۱۴ اسکن	IoU ۰٫۸۷ تا ۰٫۸۸	۰٫۵ در برابر ۶٫۶ دقیقه

منبع: مقالات ذکرشده در فهرست منابع؛ مرجع و تعریف شاخص‌ها در مطالعات متفاوت است.

محدودیت‌ها و کاربرد بالینی

آرتیفکت فلزی ترمیم‌ها و ایمپلنت‌ها همچنان چالش اصلی است و Xiang و همکاران اصلاح آن را از اولویت‌های پژوهشی دانستند.[۲] Lahoud و همکاران نیز یادآوری کردند که سگمنتیشن کاملاً خودکار تنها با تکیه بر تغییرات شدت CBCT ممکن نیست.[۱]

بازبینی متخصص در گردش کار

برداشت تحریریه: خروجی هوش مصنوعی باید پیش از استفاده در طراحی گاید، اتوترانسپلنت یا شبیه‌سازی ارتودنسی توسط متخصص بازبینی شود؛ مطالعه Lahoud نشان داد که حتی با اصلاح دستی، زمان کار حدود ۶ برابر کوتاه‌تر از روش نیمه‌خودکار است.[۱]

کاربردهای بالینی سگمنتیشن خودکار دندان و نکات کنترلی

کاربرد	نکته کنترلی
برنامه‌ریزی ارتودنسی	بازبینی مرز ریشه و اپکس
برنامه‌ریزی ایمپلنت و گاید	بررسی هم‌ترازی با اسکن داخل دهانی

کاربرد	نکته کنترلی
اتوترانسپلنت دندان	کنترل دقیق مورفولوژی ریشه
ارزیابی تحلیل ریشه	توجه به آرتیفکت و نویز
آموزش و ارتباط با بیمار	مدل سه‌بعدی شفاف و قابل فهم

منبع: جمع‌بندی تحریریه بر پایه بخش اهمیت بالینی Xiang 2024 و Shaheen 2021.

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی سگمنتیشن دندان با هوش مصنوعی در CBCT

محور	نکته کلیدی
دقت	Dice تجمیعی ۰٫۹۵ در ۳۵ مطالعه
زمان	۱٫۵ ثانیه تا ۳٫۴ دقیقه
معماری	U-Net رایج‌ترین
کانال مندیبولار	دقت کمتر؛ Dice ۰٫۶۹۴
گردش کار	بازبینی متخصص پیش از کاربرد جراحی

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

پرسش‌های متداول

دقت سگمنتیشن دندان با هوش مصنوعی چقدر است؟

در متاآنالیز ۳۵ مطالعه، ضریب Dice تجمیعی ۰٫۹۵ بود.[۲]

هوش مصنوعی چقدر زمان را کاهش می‌دهد؟

در یک مطالعه بیش از ۱۸۰۰ برابر و در مطالعه دیگر ۶ تا ۱۲ برابر سریع‌تر از روش مرجع بود.[۱،۳]

کدام معماری رایج‌تر است؟

شبکه‌های کانولوشنی، به‌ویژه U-Net.[۲]

آیا سگمنتیشن کانال مندیبولار هم به همین دقت است؟

خیر؛ Dice تجمیعی کانال ۰٫۶۹۴ در برابر ۰٫۹۲۵ برای دندان بود.[۴]

مهم‌ترین محدودیت چیست؟

آرتیفکت فلز و تنوع دستگاه‌ها و مدالیته‌ها.[۲]

آیا خروجی هوش مصنوعی بدون بازبینی قابل استفاده است؟

برای کاربردهای جراحی، بازبینی متخصص توصیه می‌شود؛ حتی با اصلاح، زمان کار کوتاه‌تر است.[۱]

جمع‌بندی

سگمنتیشن دندان با هوش مصنوعی در CBCT به دقتی نزدیک به مرجع متخصص رسیده و زمان کار را به‌طور چشمگیری کاهش داده است. با این حال، تنوع شاخص‌ها و مرجع‌ها، آرتیفکت فلز و محدود بودن اعتبارسنجی چندمرکزی یعنی خروجی این ابزارها باید در گردش کار بالینی توسط رادیولوژیست یا متخصص بازبینی شود.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- هوش مصنوعی در رادیولوژی دندان و فک
- تشخیص تحلیل استخوان پریودنتال با یادگیری عمیق
- نرم‌افزارهای مشاهده CBCT: بازسازی چندصفحه‌ای و منحنی
- آرتیفکت CBCT: طبقه‌بندی و منشأ فیزیکی
- CBCT برای ایمپلنت و برنامه‌ریزی درمان
- CBCT در ارتودنسی: توجیه و اندیکاسیون

منابع

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

Lahoud P, EzEldeen M, Beznik T, Willems H, Leite A, Van Gerven A, et al. Artificial Intelligence for Fast and Accurate 3-Dimensional Tooth Segmentation on Cone-beam Computed Tomography. J Endod. 2021;47(5):827-835. DOI PubMed

Xiang B, Lu J, Yu J. Evaluating tooth segmentation accuracy and time efficiency in CBCT images using artificial intelligence: A systematic review and Meta-analysis. J Dent. 2024;146:105064. DOI PubMed

Shaheen E, Leite A, Alqahtani KA, Smolders A, Van Gerven A, Willems H, et al. A novel deep learning system for multi-class tooth segmentation and classification on cone beam computed tomography. A validation study. J Dent. 2021;115:103865. DOI PubMed

Alahmari M, Alahmari M, Almuaddi A, Abdelmagyd H, Rao K, Hamdoon Z, et al. Accuracy of artificial intelligence-based segmentation in maxillofacial structures: a systematic review. BMC Oral Health. 2025;25(1):350. DOI PubMed متن کامل PMC

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: ۲۱ آبان ۱۴۰۵.