دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲۳ آبان ۱۴۰۵

ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی: روش‌های ثبت تصویر، دقت و منابع خطا

CBCT سطح اکلوزال و ترمیم‌ها را به دلیل وضوح محدود و آرتیفکت فلز به‌خوبی نشان نمی‌دهد و اسکن داخل دهانی این کمبود را جبران می‌کند؛ اما ارزش ادغام به دقت ثبت تصویر وابسته است. در مرور سیستماتیک ۲۰۲۵، ۱۴ مطالعه از روش‌های هندسی و ۷ مطالعه از هوش مصنوعی استفاده کرده بودند. در کارآزمایی تصادفی ۱۵۰ بیمار، ثبت خودکار با هوش مصنوعی در بیماران بدون ترمیم با روش‌های دستی تفاوت معنادار نداشت، اما آرتیفکت ترمیم‌های متعدد و نواحی بی‌دندانی آزاد دقت را کاهش دادند.

نکات کلیدی این مقاله

- مرور سیستماتیک ۲۰۲۵ از ۴۹۳ مقاله، ۲۲ مطالعه را وارد کرد: ۱۴ روش هندسی، ۷ روش هوش مصنوعی و ۱ مقایسه هر دو.[۲]
- در کارآزمایی تصادفی ۱۵۰ بیمار، ثبت خودکار با هوش مصنوعی در بیماران بدون ترمیم با روش‌های متداول تفاوت معنادار نداشت.[۵]
- در حضور آرتیفکت ترمیم‌های متعدد، تجربه کاربر برای ثبت دقیق اهمیت پیدا کرد و تعداد نواحی بی‌دندانی آزاد بر دقت اثر گذاشت.[۵]
- در مطالعه آزمایشگاهی، افزایش تعداد روکش‌های زیرکونیا دقت ادغام را کاهش داد.[۳]
- با روش مبتنی بر سطح، دقت ادغام مدل اسکن داخل دهانی روی CBCT به‌طور میانگین ۰٫۲۰ میلی‌متر گزارش شد.[۶]

برنامه‌ریزی ایمپلنت، جراحی ارتوگناتیک و ارزیابی‌های ارتودنسی به هر دو داده استخوان و سطح دندان‌ها نیاز دارند. CBCT ساختارهای استخوانی را سه‌بعدی نشان می‌دهد، اما اشیای فلزی داخل دهان آرتیفکت نواری ایجاد می‌کنند و سطح اکلوزال دندان‌ها را مخدوش می‌کنند.[۱] اسکن داخل دهانی یا اسکن مدل، سطح دندان و بافت نرم را با جزئیات بالا ثبت می‌کند. ادغام این دو داده، یعنی ثبت (registration) آن‌ها در یک دستگاه مختصات مشترک، پایه گردش کار دیجیتال است.[۲]

فهرست مطالب

1. ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی و ضرورت آن
2. روش‌های ثبت تصویر
3. دقت ثبت تصویر و منابع خطا
4. نکات کنترل کیفی ادغام در عمل
5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی و ضرورت آن

وضوح فضایی CBCT برای نمایش جزئیات سطح اکلوزال و مرز ترمیم‌ها کافی نیست و آرتیفکت ناشی از ترمیم‌های فلزی یا زیرکونیا این مشکل را تشدید می‌کند. Nairn و همکاران نشان دادند که می‌توان دندان‌های مخدوش در CBCT را با سطح دقیق‌تر مدل دندانی جایگزین کرد و یک «جمجمه ترکیبی» قابل‌قبول بالینی ساخت.[۱]

در برنامه‌ریزی ایمپلنت هدایت‌شده، گاید جراحی روی سطح دندان‌ها در اسکن طراحی می‌شود، در حالی که موقعیت ایمپلنت بر پایه استخوان در CBCT تعیین می‌شود. هر خطای ثبت میان این دو داده، مستقیماً به خطای موقعیت ایمپلنت منتقل می‌شود.[۳] برداشت تحریریه: دقت ادغام یکی از حلقه‌های زنجیره خطا در گردش کار دیجیتال است و باید جداگانه کنترل شود.



مدل گچی دندانی؛ اسکن مدل یا اسکن داخل دهانی سطح دقیق دندان‌ها را برای ادغام با CBCT فراهم می‌کند. عکس: Kaboompics.com در Pexels؛ مجوز Pexels.

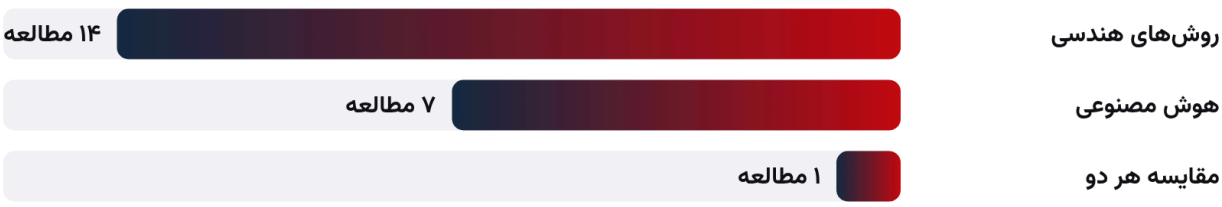
روش‌های ثبت تصویر

مرور سیستماتیک Zheng و همکاران با جست‌وجو در PubMed، Web of Science و IEEE Xplore، از ۴۹۳ مقاله ۲۲ مطالعه را وارد کرد. ۱۴ مطالعه از روش‌های مبتنی بر هندسه، ۷ مطالعه از هوش مصنوعی و ۱ مطالعه از مقایسه هر دو رویکرد استفاده کرده بودند.[۲] روش‌های هندسی معمولاً الگوریتم دومرحله‌ای ثبت تقریبی و سپس دقیق را به کار می‌برند و به منابع محاسباتی کمتری نیاز دارند، در حالی که روش‌های هوش مصنوعی خودکارسازی و پایداری را بهبود داده‌اند.[۲]

دانشنامه علمی چاوش طب آذین

رویکردهای ثبت CBCT و اسکن داخل دهانی

تعداد مطالعات در مرور سیستماتیک ۲۲ مطالعه‌ای



منبع: Zheng Q و همکاران، Clin Oral Investig 2025;29(2):97.

توزیع ۲۲ مطالعه بر حسب رویکرد ثبت تصویر؛ نمودار تحریریه بر پایه Zheng و همکاران (۲۰۲۵).

مقایسه رویکردهای ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی

رویکرد	اصول	نقاط قوت	محدودیت
نشانگر فیدوشیال	ثبت بر پایه نشانگرهای رادیواپک روی صفحه یا اسپلینت	دقت بالا در مطالعات کوچک	نیاز به ابزار اضافه و مرحله بالینی بیشتر
مبتنی بر سطح یا نقاط	انتخاب نقاط یا سطوح متناظر و بهینه‌سازی	در دسترس در نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی	حساس به آرتیفکت و انتخاب ناحیه
هندسی خودکار	ثبت تقریبی و سپس دقیق	نیاز محاسباتی کم	ناپایداری در لندمارک‌های نامطمئن
هوش مصنوعی	یادگیری عمیق برای شناسایی و ثبت	خودکارسازی و پایداری بیشتر	وابستگی به تنوع داده آموزشی

منبع: Zheng و همکاران Clin Oral Investig 2025؛ Yang و همکاران J Oral Maxillofac Surg 2015؛ Ntovas و همکاران Clin Oral Implants Res 2024.

روش مبتنی بر نشانگر

Yang و همکاران با نشانگرهای فیدوشیال روی صفحه پالاتال، ادغام خودکار مدل دیجیتال و CBCT را در پنج بیمار بررسی کردند. اختلاف جذر میانگین مربعات در انطباق نشانگرها کمتر از ۰٫۱۳ میلی‌متر و فاصله اقلیدسی در انحراف سطح اکلوزال کمتر از ۰٫۲۸ میلی‌متر بود.[۴] در روش Nairn نیز فاصله میان نشانگرها در بیماران ۰٫۱۲ میلی‌متر برای ماگزیلا و ۰٫۱۶ میلی‌متر برای مندیبل گزارش شد.[۱]

دقت ثبت تصویر و منابع خطا

Ntovas و همکاران در کارآزمایی تصادفی، برای هر یک از ۱۵۰ بیمار ثبت‌های متعددی با کاربران باتجربه و کم‌تجربه، با پالایش دستی یا خودکار و با انتخاب سطوح کوچک یا بزرگ انجام دادند و در نهایت ثبت کاملاً خودکار هوش مصنوعی را نیز آزمودند. ثبت خودکار در بیماران بدون ترمیم با روش‌های متداول تفاوت معنادار نداشت؛ اما در حضور آرتیفکت ترمیم‌های متعدد، تجربه کاربر اهمیت داشت و تعداد نواحی بی‌دندانی آزاد، و نه تعداد مطلق دندان‌های از دست رفته، بر دقت اثر گذاشت.[۵]

> «در نبود آرتیفکت تصویری، ثبت خودکار مبتنی بر هوش مصنوعی داده CBCT و داده اسکن مدل می‌تواند به اندازه روش‌های متداول انطباق دقیق باشد.»
>
> “In the absence of imaging artifacts, automated AI-based registration of CBCT data and model scan data can be as accurate as conventional superimposition methods.”
>
> — Ntovas و همکاران، Clin Oral Implants Res 2024[۵]

آرتیفکت ترمیم‌های زیرکونیا

Alaidrous و همکاران در مطالعه آزمایشگاهی، چهار گروه مدل گچی بدون روکش و با ۴، ۷ و ۱۳ روکش زیرکونیا را با ۴۰ اسکن CBCT بررسی کردند. دقت کلی ادغام میان همه گروه‌ها به جز گروه شاهد و گروه چهار روکش تفاوت معنادار داشت.[۳]

> «دقت انطباق تصاویر تحت تأثیر تعداد روکش‌های زیرکونیا بود و افزایش تعداد آن‌ها دقت انطباق را کاهش داد.»
>
> “The accuracy of the superimposition of the images was influenced by the number of zirconia crowns, with an increased number reducing the superimposition accuracy.”
>
> — Alaidrous و همکاران، J Prosthet Dent 2021[۳]

دقت گزارش‌شده ادغام در مطالعات منتخب

مطالعه	روش	دقت گزارش‌شده
Nairn ۲۰۱۳	نشانگر روی اسپلینت؛ بیماران	۰٫۱۲ میلی‌متر (ماگزیلا) و ۰٫۱۶ میلی‌متر (مندیبل)
Yang ۲۰۱۵	نشانگر پالاتال؛ ۵ بیمار	انطباق نشانگر کمتر از ۰٫۱۳ میلی‌متر؛ سطح اکلوزال کمتر از ۰٫۲۸ میلی‌متر
Yang ۲۰۲۵	ادغام مبتنی بر سطح؛ ۳۲ بیمار	میانگین ۰٫۲۰ میلی‌متر برای مدل اسکن روی CBCT
Ntovas ۲۰۲۴	دستی و هوش مصنوعی؛ ۱۵۰ بیمار	هوش مصنوعی هم‌تراز روش دستی در بیماران بدون ترمیم

منبع: Nairn و همکاران IJOMS 2013؛ Yang و همکاران JOMS 2015؛ Yang و همکاران BMC Oral Health 2025؛ Ntovas و همکاران COIR 2024.

Yang و همکاران در ۳۲ بیمار تحت درمان با کلیرالاینر، دقت ادغام مدل اسکن داخل دهانی روی CBCT را به‌طور میانگین ۰٫۲۰ میلی‌متر و دقت انطباق CBCTهای پیش و پس از درمان را ۰٫۵۲ میلی‌متر گزارش کردند؛ تکرارپذیری میان ارزیابان در همه روش‌ها عالی بود.[۶]

نکات کنترل کیفی ادغام در عمل

شواهد بالا نشان می‌دهد که دقت ادغام به کیفیت داده‌های ورودی، انتخاب نواحی ثبت و تجربه کاربر وابسته است. Ntovas و همکاران توصیه کردند تعداد و اندازه سطوح انتخابی برای انطباق، متناسب با هر وضعیت بالینی انتخاب شود.[۵] برداشت تحریریه: بررسی بصری انطباق در چند مقطع، به‌ویژه در نواحی دور از ترمیم‌ها، پیش از طراحی گاید ضروری است.

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کلیدی ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی

محور	نکته کلیدی

محور	نکته کلیدی
هدف ادغام	جبران نمایش ضعیف سطح دندان در CBCT
روش‌ها	هندسی، نشانگر و هوش مصنوعی
دقت	حدود ۰٫۱ تا ۰٫۳ میلی‌متر در مطالعات منتخب
منابع خطا	آرتیفکت ترمیم، بی‌دندانی آزاد، تجربه کاربر
کنترل کیفی	بررسی بصری انطباق پیش از طراحی گاید

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

پرسش‌های متداول

چرا CBCT و اسکن داخل دهانی ادغام می‌شوند؟

چون CBCT سطح دندان‌ها و ترمیم‌ها را به دلیل وضوح محدود و آرتیفکت به‌خوبی نشان نمی‌دهد و اسکن این کمبود را جبران می‌کند.[۱]

چه روش‌هایی برای ادغام وجود دارد؟

روش‌های هندسی، مبتنی بر نشانگر و هوش مصنوعی؛ در مرور ۲۰۲۵، ۱۴ مطالعه هندسی و ۷ مطالعه هوش مصنوعی بودند.[۲]

آیا ثبت خودکار با هوش مصنوعی دقیق است؟

در بیماران بدون ترمیم، با روش‌های متداول تفاوت معنادار نداشت.[۵]

ترمیم‌های زیرکونیا چه اثری دارند؟

افزایش تعداد روکش‌های زیرکونیا دقت ادغام را کاهش داد.[۳]

دقت ادغام معمولاً چند میلی‌متر است؟

در مطالعات منتخب حدود ۰٫۱ تا ۰٫۳ میلی‌متر، بسته به روش و نمونه.[۱، ۴، ۶]

چه عواملی خطای ادغام را افزایش می‌دهند؟

آرتیفکت ترمیم‌های متعدد، نواحی بی‌دندانی آزاد و انتخاب نامناسب سطوح انطباق.[۵]

جمع‌بندی

ادغام CBCT و اسکن داخل دهانی، کمبود CBCT در نمایش سطح دندان‌ها را جبران می‌کند و پایه برنامه‌ریزی ایمپلنت و جراحی دیجیتال است. روش‌های هندسی و هوش مصنوعی در شرایط مطلوب دقتی در حد دهم میلی‌متر دارند، اما آرتیفکت ترمیم‌ها، نواحی بی‌دندانی آزاد و تجربه کاربر می‌توانند خطا را افزایش دهند. کنترل بصری انطباق پیش از طراحی گاید، بخشی ضروری از این گردش کار است.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- اسکنر داخل دهانی: اصول اپتیکی
- CBCT برای برنامه‌ریزی ایمپلنت
- دقت جراحی ایمپلنت با گاید استاتیک
- گزارش اجماع ITI درباره فناوری‌های دیجیتال
- آرتیفکت CBCT: طبقه‌بندی و منشأ فیزیکی
- سگمنتیشن دندان در CBCT با هوش مصنوعی

منابع

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

Nairn NJ, Ayoub AF, Barbenel J, Moos K, Naudi K, Ju X, et al. Digital replacement of the distorted dentition acquired by cone beam computed tomography (CBCT): a pilot study. Int J Oral Maxillofac Surg. 2013;42(11):1488-93. DOI PubMed

Zheng Q, Wu Y, Chen J, Wang X, Zhou M, Li H, et al. Automatic multimodal registration of cone-beam computed tomography and intraoral scans: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Investig. 2025;29(2):97. DOI PubMed

Alaidrous M, Finkelman M, Kudara Y, Campos HC, Kim Y, De Souza AB. Influence of zirconia crown artifacts on cone beam computed tomography scans and image superimposition of tomographic image and tooth

surface scan: An in vitro study. J Prosthet Dent. 2021;125(4):684.e1-684.e8. DOI PubMed

Yang WM, Ho CT, Lo LJ. Automatic Superimposition of Palatal Fiducial Markers for Accurate Integration of Digital Dental Model and Cone Beam Computed Tomography. J Oral Maxillofac Surg. 2015;73(8):1616.e1-10. DOI PubMed

Ntovas P, Marchand L, Finkelman M, Revilla-León M, Att W. Accuracy of manual and artificial intelligence-based superimposition of cone-beam computed tomography with digital scan data, utilizing an implant planning software: A randomized clinical study. Clin Oral Implants Res. 2024;35(10):1262-1272. DOI PubMed

Yang Q, Cai M, Hao S, Chu H, Wang Y, Hu M, et al. Accuracy and reliability of a three-dimensional superimposition method for maxillary jaws and dentition. BMC Oral Health. 2025;25(1):1281. 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: ۲۳ آبان ۱۴۰۵.