دانشنامه علمی چاوش طب آذین · chavoshteb.ir · به‌روزرسانی ۲۰ آبان ۱۴۰۵

عمق بیت، دامنه دینامیک و پردازش تصویر در رادیوگرافی دیجیتال داخل دهانی

افزایش عمق بیت از ۸ به ۱۲ یا ۱۶ بیت در تشخیص پوسیدگی اثر اندکی داشت، اما در آشکارسازی تفاوت‌های ظریف چگالی، تصاویر ۱۲ بیتی برتر بودند. جبران خودکار اکسپوژر افت دقت ناشی از اکسپوژر نامناسب را کم می‌کند، فیلترها بسته به وظیفه تشخیصی اثر متفاوت دارند و ۲۳٫۸٪ سنسورها در آزمون پذیرش نقص داشتند؛ پس کنترل کیفیت عینی ضروری است.

نکات کلیدی این مقاله

- دقت تشخیص پوسیدگی با افزایش عمق بیت از ۸ به ۱۲ یا ۱۶ بیت در هر برند تغییر چندانی نکرد.[۱]
- در فانتوم پله‌ای، تصاویر ۱۲ بیتی و ۷۰ کیلوولت در آشکارسازی تفاوت‌های ظریف چگالی از ۸ بیت و ۶۰ کیلوولت برتر بودند.[۲]
- جبران خودکار اکسپوژر (AEC) افت دقت تشخیص ناشی از اکسپوژر نامناسب را به حداقل رساند.[۳]
- دقت تشخیص ضایعات مینایی روی تصاویر بدون فیلتر ۵۲٪ بود و با بهترین فیلتر به ۷۹٫۲۵٪ رسید.[۴]
- در آزمون پذیرش، ۳۵ سنسور از ۱۴۷ سنسور (۲۳٫۸٪) نقص داشتند.[۵]

کیفیت رادیوگراف دیجیتال داخل دهانی فقط به رزولوشن فضایی وابسته نیست. عمق بیت، دامنه دینامیک گیرنده، الگوریتم‌های جبران اکسپوژر و فیلترهای پردازش، همگی بر کنتراست قابل درک و دقت تشخیص اثر می‌گذارند. این مقاله شواهد بالینی و فانتومی این عوامل را کنار هم قرار می‌دهد.[۱، ۲]

فهرست مطالب

1. عمق بیت و تعداد سطوح خاکستری
2. دامنه دینامیک و عرض اکسپوژر
3. فیلترهای پردازش تصویر
4. تغییرپذیری سنسورها و آزمون پذیرش

5. جدول جمع‌بندی نکات
6. پرسش‌های متداول
7. جمع‌بندی
8. مطالعه مرتبط در دانشنامه
9. منابع

عمق بیت و تعداد سطوح خاکستری

عمق بیت تعداد سطوح خاکستری قابل ذخیره در هر پیکسل را تعیین می‌کند: ۸ بیت معادل ۲۵۶ سطح، ۱۲ بیت معادل ۴۰۹۶ و ۱۶ بیت معادل ۶۵۵۳۶ سطح است. اما نمایشگر و چشم انسان همه این سطوح را هم‌زمان نمی‌بینند و ارزش بالینی عمق بیت بیشتر در انعطاف پنجره‌گذاری و پردازش آشکار می‌شود.

شواهد پوسیدگی و تفاوت چگالی

ونزل و همکاران ۸۰ دندان کشیده‌شده بدون حفره را با چند سامانه دیجیتال در رزولوشن و عمق بیت‌های مختلف تصویربرداری کردند؛ در ۱۶۰ سطح پروگزیمال، ۶۳٪ سالم، ۳۱٪ ضایعه مینایی و ۶٪ ضایعه عاجی بود. نتیجه این بود که دقت تشخیص پوسیدگی با افزایش رزولوشن و عمق بیت از ۸ به ۱۲ یا ۱۶ بیت درون هر برند تغییر اندکی داشت.[۱]

در مقابل، هئو و همکاران با سنسور CCD در ۸ یا ۱۲ بیت، ۶۰ یا ۷۰ کیلوولت و ۱۴ زمان اکسپوژر از فانتوم پله‌ای آلومینیومی با حفره‌های کم‌عمق تصویر گرفتند. مشاهده‌گران در تصاویر ۱۲ بیتی، به‌ویژه در ۶۰ کیلوولت، حفره‌های بیشتری شمردند و ۷۰ کیلوولت نیز بر ۶۰ کیلوولت برتری داشت.[۲]

اثر عمق بیت و کیلوولتاژ در مطالعات منتخب

مطالعه	وظیفه تشخیصی	یافته اصلی
ونزل ۲۰۰۷؛ ۸۰ دندان	پوسیدگی پروگزیمال و اکلوزال	اثر اندک افزایش از ۸ به ۱۲ یا ۱۶ بیت
هئو ۲۰۰۹؛ فانتوم پله‌ای	تفاوت‌های ظریف چگالی	۱۲ بیت و ۷۰ کیلوولت برتر
یوشیورا ۲۰۰۵؛ ۲۷ دندان	پوسیدگی پروگزیمال در اکسپوژرهای متفاوت	AEC افت دقت را کم کرد

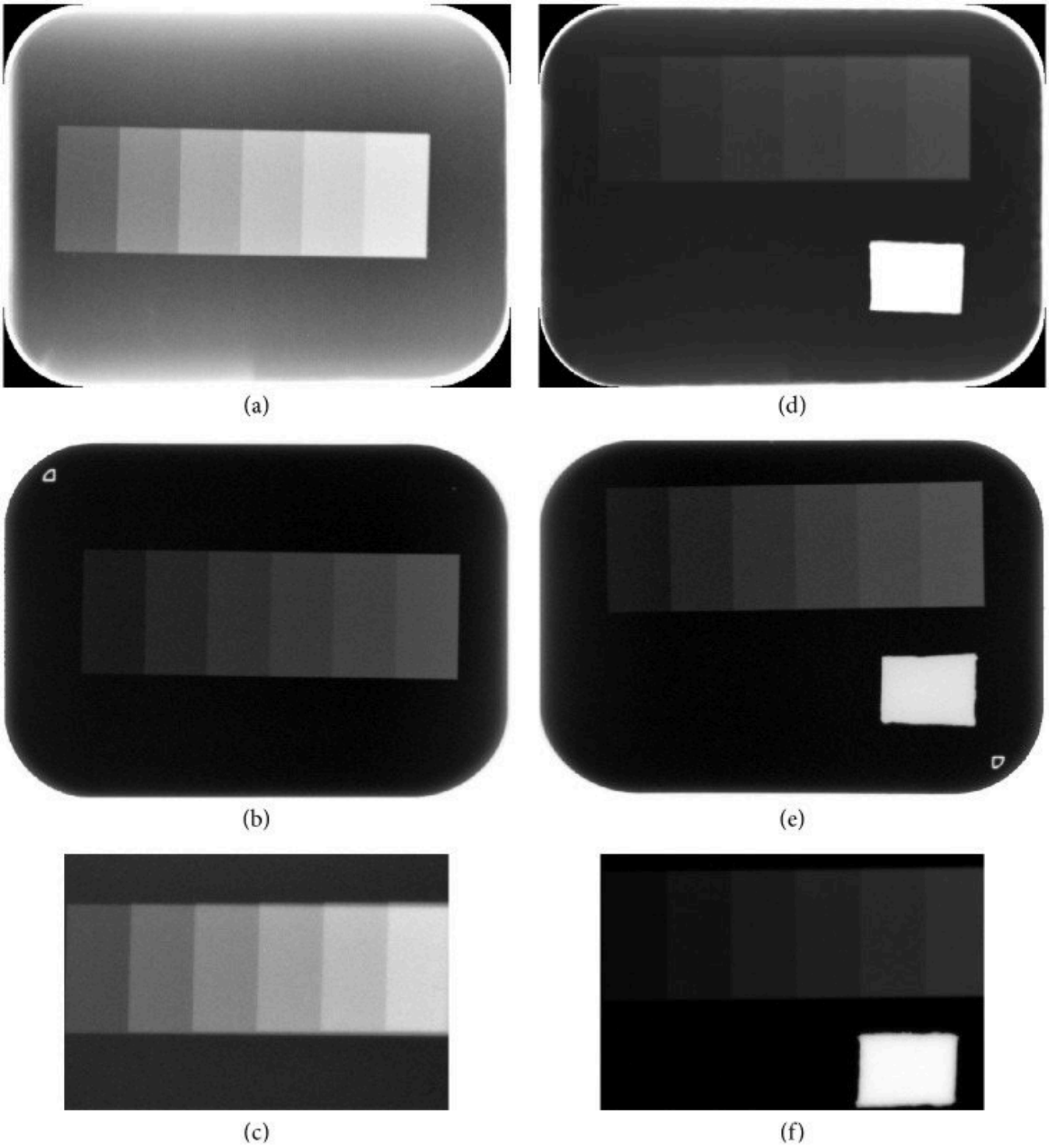
مطالعه	وظیفه تشخیصی	یافته اصلی
داشپونتساگ ۲۰۱۷؛ فانتوم	CNR و کنتراست پایین	CCD بهترین عملکرد را داشت

منبع: ونزل ۲۰۰۷؛ هئو ۲۰۰۹؛ یوشیورا ۲۰۰۵؛ داشپونتساگ ۲۰۱۷.

دامنه دینامیک و عرض اکسپوژر

دامنه دینامیک گستره اکسپوژری است که گیرنده در آن پاسخ قابل استفاده تولید می‌کند. یوشیورا و همکاران نشان دادند اثر تغییر اکسپوژر بر دقت تشخیص در فیلم اندک، اما در سامانه‌های دیجیتال بدون AEC به‌طور معنادار بیشتر بود؛ در سامانه دارای AEC این اثر کمتر بود.[۳]

> «AEC کاهش دقت تشخیص ناشی از اکسپوژرهای نامناسب را به حداقل می‌رساند.»
>
> “AEC minimizes the decrease of DA due to inadequate exposures.”
>
> — یوشیورا و همکاران، DMFR 2005[۳]



فانتوم پله‌ای آلومینیومی در دو سامانه PSP و یک CCD؛ برخی تصاویر با صفحه سربی. شکل ۳ از Dashpuntsag و همکاران، Biomed Res Int 2017؛ مجوز CC BY 4.0، با تغییر اندازه.

مقایسه CCD و PSP

داشپونتساگ و همکاران دو سامانه صفحه فسفری، یکی با AEC و دیگری بدون آن، و یک سنسور CCD را با دو فانتوم پله‌ای آلومینیومی در ۶۰ کیلوولت مقایسه کردند. CCD در همه شرایط بهترین بود، هرچند مقدار خاکستری آن به دوز حساس بود؛ PSP دارای AEC در مقدار کنتراست پایین بهتر و در CNR ضعیف‌تر از PSP بدون AEC بود.[۶] نویسندگان نتیجه گرفتند که

سامانه باید بر اساس هدف تشخیصی انتخاب شود.[۶]

فیلترهای پردازش تصویر

در مطالعه شکری و همکاران روی ۱۲۰ سطح پروگزیمال و اکلوزال با صفحات فسفری، کمترین دقت مربوط به تشخیص ضایعات مینایی روی تصاویر اصلی بدون فیلتر (۵۲٪) بود و فیلتر Enhancement 2 همراه با حذف نویز بهترین عملکرد را داشت (۷۹٫۲۵٪).[۴]



منبع: Shokri و همکاران، J Conserv Dent 2018؛ ۱۲۰ سطح با ضایعات اولیه مصنوعی.

دقت تشخیص ضایعات مینایی بدون فیلتر و با بهترین فیلتر؛ نمودار تحریریه بر پایه شکری و همکاران (۲۰۱۸).

اما اثر فیلتر به وظیفه وابسته است. برازیل و همکاران با ۲۸۰ تصویر از ضایعات پری‌اپیکال شبیه‌سازی‌شده نشان دادند فیلترهای VistaScan تفاوت معناداری در سطح زیر منحنی، حساسیت و ویژگی ایجاد نکردند، هرچند شدت پیکسل‌ها را تغییر دادند.[۷] برداشت تحریریه: پیش از استفاده روزمره از یک فیلتر، اثر آن را برای همان وظیفه تشخیصی بسنجید.

تغییرپذیری سنسورها و آزمون پذیرش

هلن‌هالمه و همکاران ۸۰ سنسور نو از ۸ مدل و ۶ سازنده را با پارامترهای عینی سنجیدند و دریافتند حتی سنسورهای یک برند تفاوت کیفی معنادار دارند؛ آن‌ها تعیین سطح اقدام برای پذیرش سنسورهای نو و کنترل کیفیت دوره‌ای را توصیه کردند.[۸]



سنسورهای دیجیتال داخل دهانی در دو اندازه؛ کیفیت سنسورها حتی در یک برند متفاوت است. تصویر: TomBirney، ویکی‌مدیا کامانز؛ مجوز CC BY-SA 3.0، با تغییر اندازه.

ریوز و همکاران با فانتوم منطبق با گزارش فنی ADA شماره ۱۰۹۴، کنتراست، رزولوشن، دامنه دینامیک و عرض اکسپوژر را سنجیدند: ۳۵ سنسور از ۱۴۷ (۲۳٫۸٪) نقص‌هایی مانند ناهمگنی، تصویر پنهان، جداشدگی لایه‌ها و قطع اکتساب داشتند و فقط محصولات یک سازنده بی‌نقص بودند.۵

برنامه پیشنهادی کنترل کیفیت سنسور داخل دهانی

مرحله	آزمون	هدف
پذیرش	یکنواختی، تصویر پنهان، کنتراست و رزولوشن با فانتوم	کشف نقص پیش از استفاده بالینی
تعیین اکسپوژر	دوز بهینه بایت‌وینگ مولر بزرگسال	ماندن در حدود سطح مرجع دوز

مرحله	آزمون	هدف
دوره‌ای	تکرار آزمون‌های پایه با همان فانتوم	پایش افت عملکرد در گذر زمان
پردازش	بررسی اثر فیلتر بر وظیفه تشخیصی	پرهیز از کاهش دقت ناخواسته

برداشت تحریریه بر پایه ریوز ۲۰۲۰ و هلن‌هالمه ۲۰۱۶.

جدول جمع‌بندی نکات

نکات کاربردی عمق بیت و دامنه دینامیک

محور	نکته کلیدی
عمق بیت	اثر اندک بر پوسیدگی؛ مفید برای تفاوت چگالی ظریف
دامنه دینامیک	AEC افت دقت ناشی از اکسپوژر نادرست را کم می‌کند
فیلترها	اثر وابسته به وظیفه تشخیصی؛ پیش از استفاده بسنجید
سنسور	تفاوت کیفی حتی در یک برند
کنترل کیفیت	آزمون پذیرش و دوره‌ای با فانتوم

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

پرسش‌های متداول

آیا سنسور ۱۶ بیتی تشخیص پوسیدگی را بهتر می‌کند؟

در مطالعه ونزل و همکاران، افزایش عمق بیت از ۸ به ۱۲ یا ۱۶ بیت درون هر برند اثر اندکی بر دقت تشخیص پوسیدگی داشت.[1]

عمق بیت بالاتر در چه وظیفه‌ای مفید است؟

در آشکارسازی تفاوت‌های ظریف چگالی؛ تصاویر ۱۲ بیتی در فانتوم پله‌ای از ۸ بیتی برتر بودند.[۲]

جبران خودکار اکسپوژر چه می‌کند؟

AEC دامنه اکسپوژر محدود سنسور دیجیتال را جبران می‌کند و افت دقت ناشی از اکسپوژر نامناسب را کاهش می‌دهد.[۳]

آیا فیلترهای پردازش همیشه مفیدند؟

خیر؛ در تشخیص پوسیدگی مینایی دقت را از ۵۲٪ به ۷۹٫۲۵٪ رساندند، اما در ضایعات پری‌اپیکال شبیه‌سازی‌شده اثری نداشتند.[۴، ۷]

چرا آزمون پذیرش سنسور لازم است؟

چون در یک بررسی ۲۳٫۸٪ سنسورها نقص داشتند و حتی سنسورهای یک برند کیفیت متفاوتی نشان دادند.[۵، ۸]

CCD بهتر است یا صفحه فسفری؟

در یک مطالعه فانتومی CCD بهترین عملکرد را داشت، اما نویسندگان انتخاب سامانه را وابسته به هدف تشخیصی دانستند.[۶]

جمع‌بندی

عمق بیت بالاتر لزوماً تشخیص پوسیدگی را بهتر نمی‌کند، اما در تفاوت‌های ظریف چگالی و انعطاف پردازش مزیت دارد. دامنه دینامیک و AEC خطای اکسپوژر را جبران می‌کنند، فیلترها وابسته به وظیفه‌اند و تفاوت کیفی میان سنسورها، حتی از یک برند، آزمون پذیرش و کنترل کیفیت دوره‌ای را ضروری می‌کند.

مطالعه مرتبط در دانشنامه

- آشکارسازهای CCD، CMOS و PSP
- MTF و رزولوشن فضایی سنسور
- سنسور CMOS، سینتیلاتور و فیبر نوری
- استاندارد DICOM در رادیولوژی دهان و فک
- تشخیص پوسیدگی با هوش مصنوعی
- دوزیمتری رادیولوژی دندان

منابع

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

Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007;103(3):418-22. DOI PubMed

Heo MS, Choi DH, Benavides E, Huh KH, Yi WJ, Lee SS, et al. Effect of bit depth and kVp of digital radiography for detection of subtle differences. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108(2):278-83. DOI PubMed

Yoshiura K, Nakayama E, Shimizu M, Goto TK, Chikui T, Kawazu T, et al. Effects of the automatic exposure compensation on the proximal caries diagnosis. Dentomaxillofac Radiol. 2005;34(3):140-4. DOI PubMed

Shokri A, Kasraei S, Lari S, Mahmoodzadeh M, Khaleghi A, Musavi S, et al. Efficacy of denoising and enhancement filters for detection of approximal and occlusal caries on digital intraoral radiographs. J Conserv Dent. 2018;21(2):162-168. DOI PubMed

Reeves TE, Lien W, Mah P. Quality assurance: acceptance testing for digital dental intraoral sensors. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2020;129(4):388-400. DOI PubMed

Dashpuntsag O, Yoshida M, Kasai R, Maeda N, Hosoki H, Honda E. Numerical Evaluation of Image Contrast for Thicker and Thinner Objects among Current Intraoral Digital Imaging Systems. Biomed Res Int. 2017;2017:5215413. DOI PubMed

Brasil DM, Yamasaki MC, Santaella GM, Guido MCZ, Freitas DQ, Haiter-Neto F. Influence of VistaScan image enhancement filters on diagnosis of simulated periapical lesions on intraoral radiographs. Dentomaxillofac Radiol. 2019;48(2):20180146. DOI PubMed

Hellén-Halme K, Johansson C, Nilsson M. Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2016;121(5):e129-37. 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: ۲۰ آبان ۱۴۰۵.