

واژه نامه پرتو ایکس شماره ۱۵

Qom, University of Qom
Tel ۰۲۵۳۱۸۸۶۱۱۰

Email info@xrayschool.ir
xrayschool.ir

فهرست

تصویربرداری عبوری (Transmission Imaging) ۱

تصویربرداری پس‌پراکندگی (Backscatter Imaging) ۳

ارتباط تصویربرداری عبوری و پس پراکندگی با پراکندگی کامپتون ۵

جدول مقایسه ۶

پرسش های پرتکرار ۷

جمع بندی ۸

منبع ۹

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL

تصویربرداری عبوری (Transmission Imaging)

تصویربرداری عبوری چیست؟

روشی از تصویربرداری پرتو ایکس که در آن منبع و آشکارساز در دو طرف جسم قرار دارند و پرتوی عبورکرده از جسم ثبت می‌شود. تصویر نهایی نشان می‌دهد پرتو در مسیر خود از نقاط مختلف جسم چقدر تضعیف شده است. رایج‌ترین روش تصویربرداری پرتو ایکس است و رادیوگرافی و CT بر پایه آن کار می‌کنند.

تصویربرداری عبوری چگونه تشکیل می‌شود؟

پرتو ایکس از منبع خارج می‌شود، از جسم عبور می‌کند و بخشی از فوتون‌های آن در مسیر تضعیف می‌شوند. آشکارساز شدت پرتوی باقی‌مانده را در هر نقطه ثبت می‌کند. رابطه پایه تضعیف پرتو به این صورت است:

$$I = I_0 \cdot e^{(-\mu x)}$$

که در آن I_0 شدت پرتوی ورودی، I شدت پرتوی عبورکرده، μ ضریب تضعیف خطی ماده و x ضخامت ماده است. نقاطی که ضخیم‌تر یا چگال‌تر هستند، پرتوی کمتری عبور می‌دهند و در تصویر متفاوت دیده می‌شوند.

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL

تصویربرداری عبوری در کجا اهمیت دارد؟

- رادیوگرافی دیجیتال و فلوروسکپی
- ماموگرافی
- توموگرافی کامپیوتری (CT)
- پرتونگاری صنعتی و آزمون غیرمخرب (NDT)
- بازرسی جوش، ریخته‌گری و قطعات صنعتی
- بازرسی امنیتی بار و بسته‌ها

چرا تصویربرداری عبوری اهمیت دارد؟

- ساختار داخلی جسم را بدون تخریب آن نشان می‌دهد.
- در ضخامت‌های زیاد و مواد چگال، توان نفوذ بالایی دارد.

تصویربرداری عبوری(TRANSMISSION IMAGING)

- مبنای روش‌های بازسازی مثل CT است.
- روش‌های اندازه‌گیری کیفیت تصویر مانند MTF و DQE برای آن به‌خوبی تعریف شده‌اند.

استانداردها و معیارهای اندازه گیری

در حوزه پزشکی، عملکرد آشکارساز با IEC 62220-1 سنجیده می‌شود. در حوزه صنعتی، استانداردهایی مانند ISO 17636-1 و ISO 17636-2 برای پرتونگاری جوش، EN 16016 و ASTM E2597 برای رادیوگرافی دیجیتال، و ISO 19232 برای کیفیت تصویر و IQI به کار می‌روند.

نکته جالب

نخستین تصویر پرتو ایکس که رونتگن در سال ۱۸۹۵ از دست همسرش گرفت، یک تصویربرداری عبوری بود. هنوز هم همان ایده، یعنی قرار دادن جسم بین منبع و آشکارساز، پایه رایج‌ترین روش تصویربرداری پرتو ایکس است.

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL

تصویربرداری پس‌پراکندگی (Backscatter Imaging)

تصویربرداری پس‌پراکندگی چیست؟

روشی از تصویربرداری پرتو ایکس که در آن منبع و آشکارساز در یک سمت جسم قرار دارند و فوتون‌های پس‌پراکنده‌شده، یعنی فوتون‌هایی که به عقب پراکنده شده‌اند، ثبت می‌شوند. در این روش آنچه تصویر را می‌سازد، پرتوی پراکنده‌شده از جسم است، نه پرتوی عبورکرده.

تصویربرداری پس‌پراکندگی چگونه تشکیل می‌شود؟

معمولاً یک باریکه باریک پرتو ایکس سطح جسم را نقطه به نقطه پویش می‌کند. فوتون‌های پس‌پراکنده‌شده، عمدتاً بر اثر پراکندگی کامپتون، توسط آشکارسازهای بزرگ سطح در همان سمت ثبت می‌شوند. شدت سیگنال هر نقطه به ویژگی‌هایی مثل چگالی و عدد اتمی مؤثر ماده بستگی دارد. موادی با عدد اتمی کم، مانند مواد آلی و پلاستیک، سیگنال پس‌پراکندگی قوی‌تری دارند. موادی با عدد اتمی بالا بیشتر درگیر اثر فوتوالکتریک می‌شوند و سیگنال پس‌پراکندگی کمتری دارند.

XRAY SCHOOL

تصویربرداری پس‌پراکندگی در کجا اهمیت دارد؟

- بازرسی امنیتی خودرو، بار و افراد
- بازرسی سازه‌ها و قطعاتی که فقط یک طرفشان در دسترس است
- آزمون غیرمخرب (NDT) برای لوله، مخزن و سازه‌های هواپیما
- بازرسی آثار هنری و میراث فرهنگی
- شناسایی مواد آلی پنهان‌شده پشت یا درون موانع

چرا تصویربرداری پس‌پراکندگی اهمیت دارد؟

- وقتی امکان قرار دادن آشکارساز در طرف دیگر جسم وجود ندارد، تنها گزینه‌ی عملی است.
- به مواد با عدد اتمی کم حساس است و برای تمایز مواد آلی مفید است.
- اطلاعات نزدیک به سطح جسم را فراهم می‌کند.
- در بازرسی‌های میدانی و سیار کاربرد دارد.

تصویربرداری پس‌پراکندگی(BACKSCATTER IMAGING)

استانداردها و معیارهای اندازه گیری

برای سامانه‌های بازرسی امنیتی افراد، استانداردهایی مانند ANSI N43.17 و IEC 62463 الزامات ایمنی پرتو و دز را مشخص می‌کنند. برای کاربردهای صنعتی و NDT، استاندارد عمومی و کاملاً اختصاصی به اندازه تصویربرداری عبوری وجود ندارد و معمولاً دستورالعمل سازنده و الزامات کلی ایمنی پرتو مبنا قرار می‌گیرند.

نکته جالب

فوتون‌های پراکنده‌شده در تصویربرداری عبوری نویز مزاحم‌اند، اما در تصویربرداری پس‌پراکندگی همان‌ها سیگنال تصویر را می‌سازند. یک پدیده فیزیکی واحد، در دو روش، دو نقش کاملاً متفاوت دارد.

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL

ارتباط تصویربرداری عبوری و پس پراکندگی با پراکندگی کامپتون

پراکندگی کامپتون پدیده‌ای است که در انرژی‌های رایج تصویربرداری، بخش مهمی از برهم‌کنش فوتون‌های پرتو ایکس با ماده را تشکیل می‌دهد. این پدیده در دو روش دو نقش متفاوت دارد.

در تصویربرداری عبوری:

فوتون های پراکند ەشده ← رسیدن به آشکارساز ← کاهش کنتراست تصویر و افزایش نویز ← نیاز به کولیماسیون

در تصویربرداری پس‌پراکندگی:

فوتون های پراکند ەشده ← رسیدن به آشکارساز هم سمت منبع ← تشکیل سیگنال تصویر

به بیان ساده، تصویربرداری عبوری با تضعیف پرتو کار می‌کند و تلاش می‌کند پراکندگی را حذف کند، اما تصویربرداری پس‌پراکندگی از همان پراکندگی برای ساختن تصویر استفاده می‌کند.

XRAY SCHOOL

جدول مقایسه

جدول مقایسه

مفهوم	تصویربرداری عبوری	تصویربرداری پس‌پراکندگی
چیدمان	منبع و آشکارساز در دو طرف جسم	منبع و آشکارساز در یک سمت جسم
پرتوی ثبت‌شده	پرتوی عبورکرده	فوتون‌های پراکنده‌شده
پدیده اصلی	تضعیف پرتو	پراکندگی کامپتون
نقش پراکندگی	مزاحم و نامطلوب	منبع سیگنال تصویر
دسترسی به جسم	نیاز به دسترسی به دو طرف	نیاز به دسترسی به یک طرف
اطلاعات تصویر	ساختار داخلی و ضخامت	بیشتر لایه‌های نزدیک به سطح
حساسیت به ماده	چگالی و ضخامت	چگالی و عدد اتمی مؤثر
کاربرد رایج	رادیوگرافی، CT، پرتونگاری صنعتی	بازرسی امنیتی، دسترسی یک‌طرفه، NDT

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL

نکته مهم

روش‌های دیگری هم در تصویربرداری و آنالیز با پرتو ایکس وجود دارند، مانند پراش پرتو ایکس (XRD)، فلورسانس پرتو ایکس (XRF) و... این روش‌ها از پدیده‌های دیگری مثل پراش، تابش مشخصه یا تغییر فاز استفاده می‌کنند. تصویربرداری عبوری و تصویربرداری پس‌پراکندگی دو روش پایه‌ای هستند که معمولاً نقطه شروع شناخت چیدمان‌های تصویربرداری پرتو ایکس به شمار می‌روند.

پرسش های پرتکرار

آیا تصویربرداری پس‌پراکندگی همان تصویربرداری بازتابی است؟

در گفت‌وگوهای عمومی گاهی از «بازتابی» استفاده می‌شود، اما پرتو ایکس مثل نور بازتاب نمی‌شود. آنچه ثبت می‌شود فوتون‌های پراکنده‌شده است، پس "پس‌پراکندگی" دقیق‌تر است.

آیا تصویربرداری پس‌پراکندگی جای تصویربرداری عبوری را می‌گیرد؟

خیر. این دو روش مکمل‌اند. تصویر عبوری برای دیدن ساختار داخلی و ضخامت‌های بیشتر مناسب تر است و تصویر پس‌پراکندگی وقتی ارزش دارد که دسترسی به یک سمت جسم محدود باشد یا بازرسی لایه‌های نزدیک به سطح و مواد کم‌عدد اتمی مهم باشد.

چرا در تصویربرداری پس‌پراکندگی عمق بررسی محدود است؟

چون فوتون‌ها باید وارد جسم شوند، پراکنده شوند و دوباره از همان مسیر به سمت آشکارساز برگردند. با افزایش عمق، این فوتون‌ها در مسیر رفت و برگشت بیشتر تضعیف می‌شوند و سهمشان از سیگنال کم می‌شود.

چرا در تصویربرداری عبوری باید پراکندگی را کنترل کرد؟

چون فوتون‌های پراکنده‌شده اطلاعات مکانی درست ندارند و باعث کاهش کنتراست تصویر و افزایش نویز می‌شوند. به همین دلیل از شبکه ضدپراکندگی، کولیماسیون و تنظیم مناسب شرایط تصویربرداری استفاده می‌شود.

XRAY SCHOOL

جمع بندی

تصویربرداری عبوری و تصویربرداری پس‌پراکندگی دو چیدمان پایه در تصویربرداری پرتو ایکس هستند. در تصویر عبوری، منبع و آشکارساز دو طرف جسم‌اند و پرتوی عبورکرده ثبت می‌شود. در تصویر پس‌پراکندگی ، هر دو در یک سمت‌اند و فوتون‌های پراکنده‌شده تصویر را می‌سازند. اولی برای دیدن ساختار داخلی و دومی برای دسترسی یک‌طرفه و بررسی لایه‌های نزدیک به سطح مناسب‌تر است. فهم تفاوت نقش پراکندگی کامپتون در این دو روش، کلید انتخاب درست چیدمان تصویربرداری است.

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL

منبع

- The Essential Physics of Medical Imaging (Bushberg)
- Handbook of X-ray Imaging: Physics and Technology (Russo)
- Radiation Detection and Measurement (Knoll)

از تئوری تا فناوری
XRAY SCHOOL