

طراحی و ساخت سیستم تصویربرداری سه بعدی قابل استفاده در بازرسی محموله

مهدی، محسنی*؛ جمشید، خورسندی؛ افروز، عسگری؛ پروانه، کاویانی

سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده تحقیقات و توسعه راکتورها و شتابدهنده‌ها

چکیده

یکی از دغدغه‌های مهم در مراکز هسته‌ای ایجاد امنیت در ورود و خروج مواد و تجهیزات است. به طور مشابه بازرسی محموله‌ها برای شناسایی گستره‌ی وسیعی از مواد در مرزها و فرودگاه‌ها مورد نیاز است. در این مقاله نتایج پژوهش در زمینه طراحی و ساخت سیستم دیده‌بانی از نوع تصویربرداری به صورت سه بعدی ارائه شد. این سیستم براساس اصل نفوذ پذیری پرتو ایکس و توانمندی‌های دیگر، قادر به تشکیل تصویر سه بعدی از اجسام می‌باشد. سیستم دیده‌بانی از تیوب اشعه ایکس، آشکارساز GOS، آشکارساز گازی، اتافک حفاظ، نرم افزار کنترل عملیات، پردازشگر الکترونیکی و تجهیزات دیگر در پژوهشگاه راکتور معاونت اصفهان ساخته شد. کلید واژه: سیستم تصویربرداری Real Time، تیوب ایکس، آشکارساز GOS، آشکارساز گازی، پردازشگر الکترونیکی.

۱. مقدمه

امروزه ایجاد امنیت در مرزهای هر کشور از جمله مهم‌ترین مسائل در هر جامعه‌ای می‌باشد. نبود امنیت در مرزها، گمرکات و یا فرودگاه‌ها موجب بروز اثرات زیان باری در داخل کشور خواهد شد. محموله‌هایی شامل مواد مخدر، مواد منفجره، اسلحه‌های گرم و سرد، مواد رادیو اکتیو و کالاهای قاچاق، می‌توانند عامل تهدید کننده برای امنیت مردم قلمداد شوند. بازرسی موثر افراد و محموله‌ها برای شناسایی گستره‌ی وسیعی از مواد از امکانات سیستم‌های امنیتی در مرزها و فرودگاه‌ها است. بدین منظور سیستم دیده‌بانی برای شناسایی محموله‌های مشکوک طراحی و ساخته شد. از سال ۲۰۰۰ به بعد شرکت‌ها و مراکز تحقیقاتی متعددی از کشورهای مختلف با سرمایه‌گذاری در این زمینه ضمن افزایش دقت کار اینگونه دستگاه‌ها، طرح‌های مختلفی ارائه داده‌اند [۱-۳]. هدف از این پژوهش طراحی و ساخت سیستم دیده‌بانی سه بعدی و در نتیجه خودکفایی در تهیه اینگونه تجهیزات است. این نوع سیستم تصویربرداری بر اساس اصل نفوذ پذیری پرتو ایکس در اجسام ساخته شد [۴-۵]. در سیستم تصویربرداری از صفحات حساس به پرتو ایکس که متناسب با شدت پرتو رسیده، نور مرئی از خود ساطع می‌کند، استفاده شد. این تصویر توسط دوربین با قدرت تفکیک بالا تبدیل به سیگنال ویدئویی می‌شود. سیگنال‌های تصویر توسط یک مبدل به سیگنال‌های دیجیتالی تبدیل و از طریق یک شبکه بی‌سیم به کامپیوتر منتقل می‌شود.

* Real Time

۲. روش کار

سیستم تصویربرداری ساخته شده دارای تیوب ایکس، سنتیلاتور (GOS ($Gd_2O_3S:Tb$) [۶]، صفحه چرخان، آشکارساز گازی حساس به پرتو ایکس و گاما، اتاقک سربی و اتاقک کنترل سیستم‌های الکترونیکی می‌باشد.

۱-۲. تیوب اشعه ایکس

مولد اشعه ایکس مورد استفاده که در شکل ۱ نشان داده شده، از تیوب اشعه، ترانسفورماتور ولتاژ بالا، رله دما، سوکت اتصال کابل، سوکت لامپ آژیر، فن خنک کننده و گاز SF_6 تشکیل شده است [۷-۸].



شکل ۱. مولد اشعه ایکس

۲-۲. طراحی آشکارساز مورد استفاده در سیستم دیده بانی

به منظور طراحی قسمت اپتیکی آشکارساز در تصویربرداری اشعه ایکس از سنتیلاتور استفاده شد. فسفر اکسی سولفید گادولینیم ($Gd_2O_3S:Tb$) ساختار شناخته شده با بازده لومینسانس بالا (تقریباً ۱۵%) دارد و نور سبز ساطع شده از آن (۵۴۰ nm) در پاسخ های طیفی وسایل آشکارسازی مناسب است. به منظور طراحی قسمت مکانیکی آشکارساز از یک دوربین CCD در پشت آشکارساز GOS استفاده شده است.

محفظه تاریک شیپوری شکل

نور ایجاد شده در سوسوزن شدت کمی دارد، در نتیجه آلودگی نوری پشت شیشه باعث کاهش کیفیت می‌شود. برای رفع این مشکل محفظه تاریک شیپوری شکلی برای حضور کاربر یا نصب دوربین ساخته شد.

لایه گذاری آشکارساز با عایق نوری، لایه پلاستیکی و شیشه سربی

عایق نوری به ضخامت ۳ میلی‌متر از جنس فیبر چوبی برای ممانعت از عبور نورهای مزاحم به GOS استفاده شد. سپس آشکارساز به صورت لایه نازک $100\mu m$ روی لایه $110\mu m$ پلاستیکی و هر دو روی $3/6cm$ شیشه سربی چسبانده شد. در این صورت الگوی نوری حاصل از جسم در آشکارساز با چشم غیر مسلح و از طریق دوربین CCD جهت ضبط تصاویر، قابل رویت می‌باشد. برای پوشش پنجره از چهار قطعه آشکارساز استفاده شد. قرار گرفتن آشکارسازها در کنار هم با دقت کافی انجام شد تا بین آنها شکافی به جا نماند.

۲-۳. آشکارساز گاما

یک آشکار ساز گاما در سقف اتاقک به منظور کامل کردن دید دستگاه نسبت به عناصر پرتوزای گاما و ایکس نصب شد. در صورت آلوده بودن جسم به مواد پرتوزای ایکس و یا گاما، با نمایش آهنگ دز، وضعیت جسم را به اپراتور کامپیوتر اطلاع می دهد. تصویر آشکار ساز درون اتاقک در شکل ۲ آورده شده است.



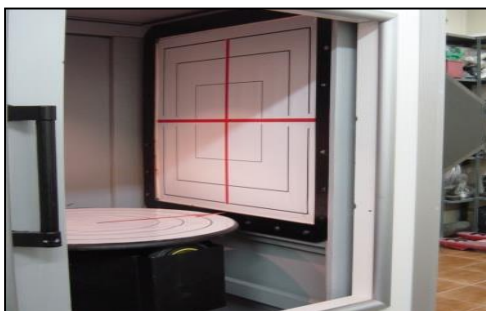
شکل ۲. آشکارساز گاما

۲-۴. اتاقک حفاظ

اتاقک سربی وظیفه حفاظت از افراد نزدیک به سیستم را دارد، به منظور بررسی حفاظ سازی، شبیه سازی با کد MCNP انجام شد که در آن هندسه کلی $200 \times 200 \times 120$ cm³ می باشد. دیواره های اتاقک از جنس آهن و سرب به صورت ساندویچ کردن لایه سربی بین لایه های آهن ساخته شد. در این طراحی ابتدا $1/25$ mm آهن، 2 mm سرب، $2/5$ mm آهن، 2 mm سرب و $1/25$ mm آهن به کار رفت. شیشه سربی هم مرکز با وجه مقابل چشمه و به ابعاد 80×80 cm² می باشد. مقدار دوز در اطراف بدنه اتاقک با شبیه سازی MCNP⁴C و تجربی به وسیله دزیمتر گایگر مولر انجام شده که دوز بیشتر نقاط از بیشینه حد مجاز یعنی $10 \mu\text{Sv/hr}$ کمتر است.

۲-۵. صفحه چرخان نگه دارنده جسم

صفحه چرخان نگه دارنده جسم که در شکل ۳ نشان داده شده، در دو جهت حرکت آزادی دارد. حرکت دور و نزدیک از صفحه حساس قادر به تغییر بزرگنمایی و حرکت دورانی قادر به دیدن جسم از زوایای مختلف می باشد. دو حرکت توسط موتورهای پله ای در محل و نیز بصورت بی سیم از طریق کامپیوتر کنترل می شوند.



شکل ۳. تصویری از صفحه نگهدارنده و صفحه تصویر

۲-۶. دوربین درون اتاقک

دوربین ثابتی در اتاقک قرار گرفته تا با دریافت تصاویر و انتقال آنها به صورت بی سیم به رایانه، کاربر را از عملکرد صحیح فرد نمونه گذار و اشکالات احتمالی مطلع سازد. تمامی این تصاویر به صورت فیلم قابل ذخیره می باشد و در صورت بروز حادثه، برای جلوگیری از تکرار حادثه، قابل استناد می باشند.

۲-۷. اتاقک کنترل سیستم های الکترونیکی

قسمت‌های الکترونیکی به منظور راحتی کاربر، بالا بردن دقت و کم کردن خطرات پرتو گیری ساخته شد. چندین پردازشگر الکترونیکی به منظور اجرای عملیات دستوری از جمله دو پردازشگر در دوربین‌های بکار رفته در سیستم، یک پردازشگر در کنترل تیوپ ایکس، یک پردازشگر در تیوپ اصلی، یک پردازشگر در سوئیچر، یک پردازشگر در شبکه بی سیم، پردازشگری در مبدل شبکه به سریال و پردازشگر برد اصلی استفاده شده است. شکل ۴، تصویری از پردازشگرهای الکترونیکی ساخته شده در پشت دستگاه نمایش می‌دهد.



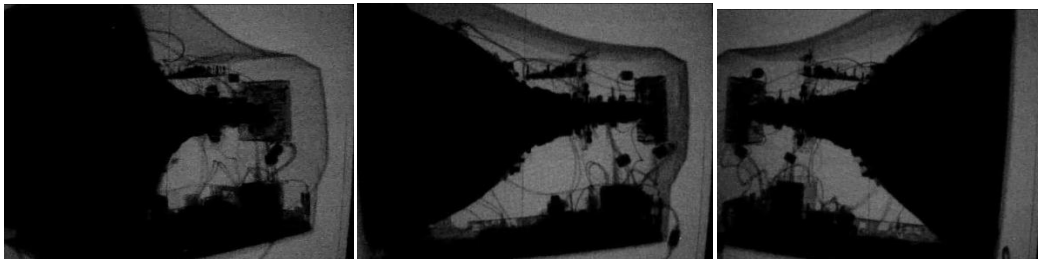
شکل ۴. تصویری از پردازشگرهای الکترونیکی نصب شده در پشت دستگاه

۲-۸. پانل محلی

علاوه بر انجام یکسری عملیات توسط نرم افزار، سیستم ساخته شده با استفاده از ده کلید پانل محلی نصب شده در محل نصب دستگاه، قادر به انجام یکسری عملیات مانند حرکت جسم در جهت‌های مختلف، خاموش و روشن کردن لامپ داخلی، کلید فعال کردن و قطع اضطراری در محل می‌باشد.

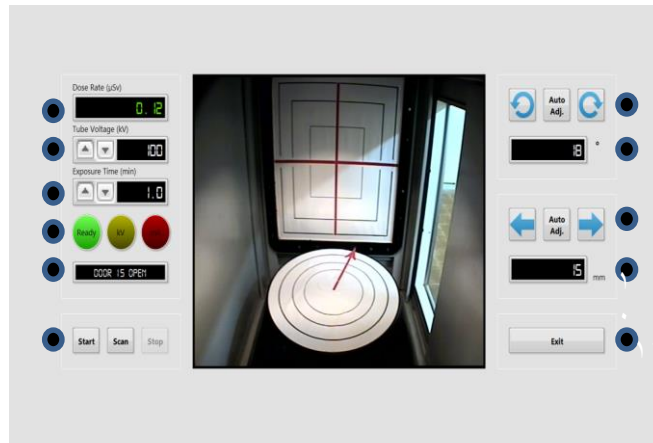
۳. نتایج

نتیجه این پژوهش، ساخت یک سیستم تصویربرداری دیده بانی است. شکل ۵، عملکرد این سیستم در تصویربرداری را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل زیر مشخص است، با استفاده از دستگاه دیده بانی از یک مانیتور تصویربرداری شده و سه تصویر در زوایای مختلف ارائه شده است.



شکل ۵. تصویر گرفته شده از مانیتور از زوایای مختلف توسط دستگاه دیده بانی ساخته شده

سیستم تصویربرداری دارای قابلیت‌های مختلفی است که در ادامه و با استفاده از منوی اصلی نرم افزار توضیح داده می‌شود. نرم افزار پس از اجرا، صفحه را به سه قسمت تقسیم می‌کند. سمت چپ مربوط به تجهیزات پرتو و قسمت وسط مربوط به نمایش تصویر و سمت راست مربوط به حرکت‌های مکانیکی می‌باشد. صفحه نمایش نرم افزار کامپیوتر در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. صفحه نمایش نرم افزار کامپیوتر

در شکل فوق، شماره ۱، آهنگ دز در درون اتاقک را نشان می‌دهد. شماره ۲، مربوط به مقدار ولتاژ بالای تیوپ ایکس که در گستره ۱۰۰ الی ۲۰۰ کیلو ولت قابل تغییر است. شماره ۳، مربوط به انتخاب زمان پرتو دهی که از صفر تا ۵/۹ دقیقه قابل تغییر است. شماره ۴، سه نمایشگر رنگی، نمایشگر اول به رنگ سبز و به معنی آماده بودن تیوپ برای شروع پرتو دهی بوده، نمایشگر دوم به رنگ نارنجی و مربوط به ایجاد ولتاژ بالا و نمایشگر سوم به رنگ قرمز و ایجاد جریان در تیوپ و در نتیجه‌ی آن ایجاد اشعه ایکس را نشان می‌دهد. شماره ۵، یک مکان برای نمایش پیغام است. باز بودن درب اتاقک، امکان شروع پرتو دهی را برای اپراتور به دلیل خطرات پرتوگیری افراد غیر ممکن می‌کند. در این قسمت پیغام باز بودن درب اتاقک نمایش داده می‌شود. نتیجه باز بودن درب، غیر فعال شدن دو قسمت مربوط به تنظیمات تیوپ را به همراه خواهد داشت. شماره ۶، سمت چپ، گزینه شروع کار تیوپ ایکس و سمت راست گزینه قطع پرتو دهی و کادر انتخابی وسط مربوط به عملیات اسکن است. در قسمت وسط تصویر شکل ۶، جسم پرتو داده شده نشان داده می‌شود. در زمان باز بودن درب، سیستم کامپیوتری دوربین انتخابی را عوض می‌کند و دوربین داخل اتاقک فعال می‌شود. در زمان بسته بودن هر دو درب سربی اتاقک، تصویر مربوط به دوربین نصب شده در محفظه تاریک شیپوری شکل نمایش داده می‌شود. در زمان‌های غیر از زمان پرتو دهی جسم، این تصویر سیاه خواهد بود. شماره ۷، مربوط به حرکت دورانی میز است که مقدار چرخش میز در نمایشگر پایین آن شماره ۸، برحسب درجه نشان داده می‌شود. در زمان روشن شدن سیستم، دستگاه هیچ حسی نسبت به موقعیت فعلی میز ندارد، بنابراین عدد نمایش داده شده



صحیح نمی باشد. برای تصحیح آن بایستی یک بار میز از نقطه صفر عبور کند. این کار با حرکت دادن میز از هر طرف ممکن می شود و یا با زدن کلید تنظیم خودکار^۱ که باعث می شود میز به صورت اتوماتیک به مکان صفر برود. شماره ۹، مربوط به حرکت افقی میز و دارای سه کلید عملیاتی می باشد. سمت چپ مربوط به حرکت میز به طرف چپ یا به طرف تیوپ اشعه ایکس است. کلید سمت راست مربوط به حرکت میز به سمت راست است و کلید وسط تنظیم خودکار قرارگیری میز در موقعیت صفر را امکان پذیر می سازد. شماره ۱۰، موقعیت میز را نسبت به نقطه صفر بر حسب میلی متر نشان می دهد. شماره ۱۱، آخرین منوی اصلی و کلید خروج است و با انتخاب آن نرم افزار بسته می گردد.

۴. بحث و نتیجه گیری

ساخت این سیستم، علاوه بر افزایش امنیت جامعه، قدم مثبت و بزرگی در جهت خودکفایی در ساخت دستگاه-های بازرسی اشعه ایکس است. با به کارگیری این سیستم تصویربرداری امکان مشاهده محتویات محموله های بسته به صورت سه بعدی با استفاده از سیستم مکانیکی و چرخاندن محموله به دور خود وجود دارد. با وجود این سیستم مکانیکی امکان تصویربرداری سه بعدی از محموله های با چگالی بالا و یا ابعاد بزرگ نیز وجود دارد. با بررسی تصاویر گرفته شده با استفاده از سیستم تصویربرداری ساخته شده در حیطه امنیت می توان از جایجایی بسیاری از موارد غیر مجاز در داخل کشور و در مرزها جلوگیری نمود.

مراجع

1. United States Patent; US ۶,۶۷۶,۸۵۴ B۲. ۲۰۰۴.
۲. [http://compepid.tuskegee.edu/syllabi/clinical/small/radiology/chapter۱۱.html\(۱of۱۱\)۴/۲۶/۲۰۰۶](http://compepid.tuskegee.edu/syllabi/clinical/small/radiology/chapter۱۱.html(۱of۱۱)۴/۲۶/۲۰۰۶)
۳. Hitachi Chemical Co., Ltd., represented in the USA by Marubeni Specialty Chemicals Inc., White Plains, NY.
۴. G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, ۳rd edition, John Wiley and sons, New York, ۱۹۹۹.
۵. P. Marmier, E. Sheldon, physics of nuclei and particles, academic press: Newyork and London, ۱۹۶۹.
۶. C. Grupen and B. Shwartz, particles detectors, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, ۲۰۰۸.
۷. I. Krzysztof, Medical imaging, principles, Detectors and Electronics, John wiley and sons, inc. publication, ۲۰۰۹.
۸. H.h. Barrett and W. Swindel, Radiological Imaging, Vols. ۱ and ۲, Academic Press, New York, ۱۹۸۱.

^۱ AUTO ADJ.