نشریه تابش و فناوری هسته ای، دوره ٤، شماره ٣، پاییز ١٣٩٦

ارزیابی دوز سرنشین در بازرسی پرتو ایکس دو انرژی خودرو با استفاده از اندازه‌گیری تجربی در فانتوم معادل انسان راندو

سید محمد هاشمی نژاد[1*]، محمد مهدی مجرد کاهانی[2]، حسین جعفری[3]، حمید شفائی دوک[4]، مرتضی آذربادگان[5] و سمانه هاشمی[2]

[1] کارشناسی ارشد، دانشکده فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، تهران، ایران

[2] دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی هسته ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، تهران، ایران

[3] دانشجوی دکتری، دانشکده فیزیک و مهندسی هسته ای، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، تهران، ایران

[4] کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی هسته ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، تهران، ایران

[5] کارشناسی‌ارشد، دانشکده برق، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ١٣٩٦/٠٤/٠٢ - تاریخ پذیرش مقاله: ١٣٩٦/٠٦/٠١)

چکیده

یکی از موثرترین و فراگیرترین راه‌های مقابله با مخاطرات امنیتی و همچنین قاچاق مواد ممنوعه از جمله مواد مخدر و مواد منفجره، استفاده از دستگاه‌های بازرسی پرتو ایکس دو انرژی با قابلیت دسته بندی مواد می‌باشد. از پارامترهای مهم در رابطه با استفاده از این دستگاه ها در بازرسی خودرو، دوز رسیده به سرنشین خودرو و ارگان‌های حساس بدن می‌باشد که می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های ناشی از اثرات پرتوهای یونیزان در شخص شود. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی میزان خطر پرتوزیستی برای سرنشین خودرو ناشی از هر اسکن و همچنین تعیین تعداد حداکثر عبور یک شخص از دستگاه برای یک زمان مشخص بر اساس دوز رسیده به شخص در هر اسکن و استاندارد بین‌المللی ANSIمی باشد. با استفاده از یک دستگاه بازرسی خودرو پرتو ایکس دو انرژی ساخته شده و برنامه نویسی شده و همچنین با بهره گیری از یک فانتوم راندو معادل انسان مرد و همچنین دوزیمترهای TLD، دوزیمتری‌ها در سه انرژی دستگاه ١٥٥، ١٧٥ و ١٩٥ kVp تیوب پرتو ایکس، جهت ارزیابی دوز کلی سرنشین و همچنین دوز ارگان های حساس بدن انجام شد. نتایج نشان می‌دهد حداکثر دوز معادل در معده جذب شده است و میانگین کل دوز دریافتی سرنشین خودرو برای انرژی های kVp ١٥٥، ١٧٥ و ١٩٥ به ترتیب ٠/٢٧٦ و ٠/٣١٥ ، ٠/٣٣٨ میکروسیورت می‌باشد. با میانگین کلی دوز معادل سرنشین برابر ٠/٣١ میکروسیورت، دستگاه ساخته شده بر اساس استاندارد ANSI در دسته دستگاه‌های با کاربرد محدود شناخته شده و هر فرد می-تواند حداکثر در یکسال، یک ماه و یک هفته به ترتیب ٦٦ ،٨٠٦ و ١٥ بار از آن عبور کند و اسکن بیش از این تعداد بر اساس این استاندارد می‌تواند خطرات پرتو زیستی برای سرنشین خودرو به همراه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: دوزیمتری، TLD، کاوشگر خودرویی، دسته بندی مواد، تصویربرداری دو انرژی

* تهران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، گروه فیزیک. کد پستی: ٨٦٨٣١- ١٤٦٧٦

پست الکترونیکی: *smhna_61@yahoo.com*

۱. مقدمه

افزایش روز افزون قاچاق مواد و کالاهای ممنوعه و همچنین تروریسم، باعث شده است بازرسی دقیق از محموله‌های پستی، کیف مسافران، اتومبیل و هرگونه وسیله نقلیه، به خصوص در مرزها، به یک عامل ضروری در امنیت و اقتصاد همه کشورها مبدل شود. برای حل این مشکل و تقویت امنیت در این عرصه، مدت زیادی است که یک راه حل پرتویی پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این منظور از دستگاه‌های اسکن پرتو ایکس در کاربردهای ذکر شده استفاده می‌شود. اما با توجه به عدد اتمی پایین بسیاری از مواد مخدر و همچنین بسیاری از مواد منفجره مانند مواد منفجره پلاستیک که می‌توانند در شکل‌های مختلف ساخته شوند و یا به روش‌های مختلف مخفی سازی شوند؛ تشخیص جنس مواد، علاوه بر شکل اجسام در موضوع مورد مطالعه یک امر ضروری می باشد [۱]، لذا استفاده از تصویربرداری دو انرژی پرتو ایکس به روش‌های مختلف و با استفاده از الگوریتم‌های مختلف پردازش اطلاعات و تصویر مورد استفاده قرار گرفته است.

امروزه استفاده از این روش تشخیص شکل و مواد موضوع تصویربرداری به عنوان یک روش آزمایش غیر مخرب[۲] و غیر تهاجمی بسیار رایج و موثر است. استفاده مشابه این روش در پزشکی بسیار رایج بوده است که می‌توان به اندازه گیری تراکم استخوان و همچنین تشخیص مواد حاجب در تصاویر رادیوگرافی اشاره نمود [۵-۲]. با توجه به احتمال تعدد دفعات عبور یک فرد از بازرسی، دوز رسیده به سرنشین خودرو بسیار با اهمیت خواهد بود. برای این منظور سازمان‌های بین‌المللی ایمنی پرتویی تعداد حداکثر دفعات عبور یک فرد از این بازرسی‌ها را بر اساس دوز رسیده به سرنشین در هر بازرسی و حد مجاز دوز سالیانه، مشخص نموده‌اند. استاندارد ملی آمریکا برای این منظور جدول‌هایی را به شرط توجیه پذیری کامل انجام اسکن ارائه نموده است که می تواند مورد استفاده قرار گیرد [٦]. لذا اندازه‌گیری و محاسبه دوز میانگین کل بدن و همچنین دوز ارگان‌های حساس برای استفاده از هر دستگاه جدید بازرسی، ضروری خواهد بود.

بر اساس استاندارد ICRP، در حالی‌که سهم بزرگی از دوز رسیده به انسان مربوط به پرتودهی های غیره منظره و یا اجتناب ناپذیر است، دوز ناشی از فعالیت‌های مختلف انسانی مثل پزشکی، صنعتی و بازرسی قابل ملاحظه بوده و باید درنظرگرفته شود [۷]. با توجه به ابعاد مختلف دستگاه ها، طیف تیوب پرتو ایکس دستگاه‌ها که دقیقا یکسان نیستند، هندسه مختلف تصیربرداری و اختلاف در سایر پارامترها باعث می‌شود که دوزیمتری برای هر دستگاه ضروری باشد. این دستگاه‌ها می‌توانند به صورت ثابت و یا قابل حمل باشند و همچنین می‌توانند در ابعاد هندسی و انرژی پرتویی مناسب برای خودرو و یا کانتینر و حتی قطار باشند [۸]. خان و همکارانش[۳] در سال ۲۰۰۳ مطالعه جامعی بر دوز رسیده به انسان در بازرسی‌های کانتینر ها در مرزهای امریکا و با انواع مختلف دستگاه‌ها داشته است. در این مطالعه جهت اندازه گیری دوز از یک فانتوم معادل مرد راندو و همچنین دوزیمترهای TLD استفاده شده است [۸]. یکی از نتایج جالب این تحقیق این است که حالت قرارگیری فرد (نشسته بودن و یا ایستاده بودن فرد) در دوز رسیده به او تغییری ایجاد نمی‌کند. همچنین هوپ و

[2] Non-Destructive Test (NDT)

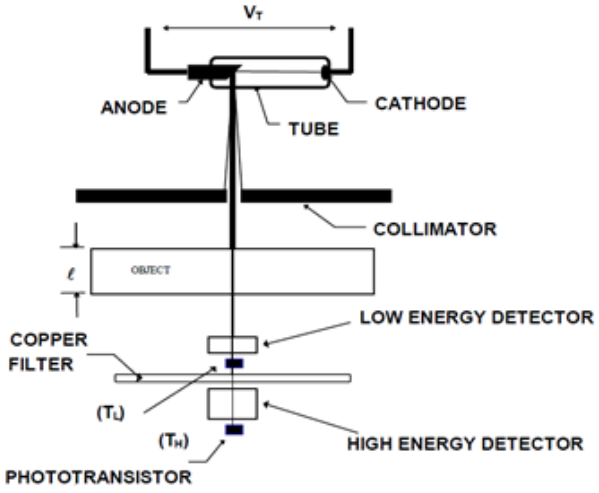
3 Khan et al

همکارانش[4] در سال ۲۰۰۵ دوز رسیده به انسان در بازرسی های فردی پرتو ایکس را بین ۰/۰۷ تا ٦ میکرو سیورت گزارش کرده است [۹]. در حالیکه در بسیاری از تحقیقات انجام شده، دوز رسیده به سرنشین در بازرسی کانتینرها و یا بازرسی های فردی مورد ارزیابی قرار گرفته است، این تحقیق در نظر دارد تا دوز رسیده به سرنشین خودرو در بازرسی از خودروهای سواری را مورد بررسی قرار دهد.

دستگاه‌های بازرسی با پرتو ایکس برای اتومبیل و کانتینرها دارای رنج مختلفی از انرژی از حدود 100 kVp خروجی تیوب پرتو ایکس (مانند دستگاه ساخته شده و مورد استفاده در این مطالعه) تا حدود 10 MeV خروجی شتاب دهنده‌های خطی هستند [۱۲-۱۰] که نتایج مختلفی در رابطه با دوز رسیده به سرنشین، دقت تشخیص و همچنین محدوده کاربری دارند. هدف از انجام این مطالعه تعیین حداکثر تعداد عبور یک فرد در مدت زمان مشخص، در بازرسی خودرو برای دستگاه ساخته شده جدید در مرکز تحقیقاتی در کشور بر اساس پارامتر دوز میانگین سرنشین خودرو در هر اسکن می‌باشد.

۲. مواد و روش ها

در این پژوهش از یک تیوب پرتو ایکس مدل و همچنین یک آرایه آشکارسازی مدل X-Card 2.5-64DE از کمپانی Detection Technology با مشخصات جدول ۱ برای ساخت دستگاه بازرسی خودرو مشابه آن چیزی که در شکل ۱ قابل مشاهده است، استفاده شده است.



شکل ۱. شماتیک مفهومی ساختار دستگاه بازرسی ساخته شده پرتو ایکس خودرو

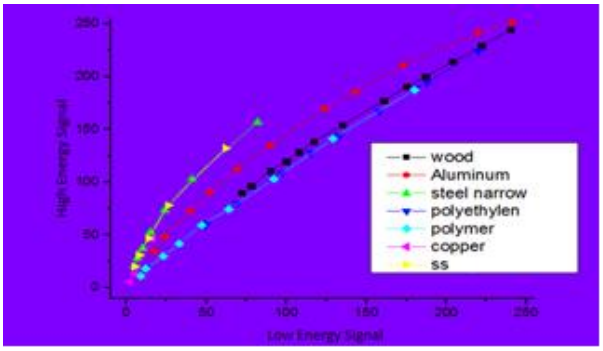
جدول ۱. مشخصات فیزیکی دستگاه بازرسی پرتو ایکس خودرو ساخته شده

تیوب پرتو ایکس و آرایه آشکارساز	
2.49 mm	گام پیکسل ها
GOS sheet, 145 mg/cm2 DRZ screen thickness: 0.3mm	نوع سوسوزن آشکارساز کم انرژی
Copper: 0.6 mm	فیلتر بین آشکارساز کم انرژی و پر انرژی
CsI(Tl) Crystal thickness: 3 mm / 4 mm	نوع سوسوزن آشکارساز پرانرژی
1536 Pixel	محدوده کل آشکارسازی دستگاه
40 60 kVp	رنج انرژی تیوب
Fan Beam	شکل خروجی بیم پرتو ایکس

هدف اصلی ساخت این دستگاه، امکان تصویربرداری با کیفیت مناسب از موضوع مورد بازرسی و همچنین جداسازی مواد و دسته

[4] Hupe et al

بندی آن‌ها به دو دسته مواد ارگانیک و غیرارگانیک بوده و لذا با بهره گیری از روش نقشه عدد اتمی مواد[5] در تصویربرداری دو انرژی [۱۳] کتابخانه داده مناسب برای این دستگاه و برای آشکارسازی و تشخیص مواد مختلف آماده سازی شد. این کتابخانه داده با استفاده از فرآیند تصویربرداری متعدد از مواد مختلف و در ضخامت‌های مختلف تهیه شد و به عنوان اساس روش دسته بندی مواد در تصاویر به دو دسته ارگانیک و غیر ارگانیک مورد استفاده قرار گرفت. یک نقشه عدد اتمی برای چند ماده با استفاده از این دستگاه به صورت نمونه در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲. نمودار رفتار مواد مختلف در ضخامت‌های مختلف در تصویربرداری دو انرژی

نمونه ای از شیوه تصویربرداری از مواد مختلف و در ضخامت‌های مختلف در دستگاه برای تهیه نقشه عدد اتمی مواد در تصویربرداری دو انرژی در شکل ۳ قابل مشاهده است. پس انجام این فرآیندهای ساخت کتابخانه داده برای مواد مختلف، با بهره گیری از برنامه نویسی در محیط‌های MATLAB و همچنین زبان برنامه نویسی C، الگوریتم جداسازی و دسته بندی مواد به دو دسته ارگانیک و غیر ارگانیک پیاده سازی شد. شمای کلی دستگاه در شکل ٤ قابل مشاهده است و نمونه ای از تصویر اسکن یک خودرو که داخل آن کمی مواد مخدر در صندوق عقب آن، زیر یک صندلی و داخل صندلی دیگر و همچنین یک اسلحه جایگذاری شده بود، به عنوان پاسخ نهایی الگوریتم دسته بندی مواد در بخش نتایج و در شکل ٦ قابل مشاهده است. در این تصویر طیف رنگی پرتقالی مربوط به مواد ارگانیک بوده و همچنین طیف رنگی خاکستری مربوط به مواد غیر ارگانیک می باشد. دسته بندی مواد بر اساس روش لگاریتم نقشه عدد اتمی انجام شده است.

شکل ۳. نمونه ای از مواد آزمایش شده (آهن، آلومینیوم، پلی اتیلن، پلیمر و چوب) در ضخامت‌های مختلف و به صورت پله‌ای برای ساخت نقشه عدد اتمی شکل ۲

جهت ارزیابی دوز رسیده به سرنشین خودرو از روش اندازه گیری تجربی در فانتوم استفاده شده است. در این روش با استفاده از یک فانتوم شبیه انسان راندو مرد و جایگذاری دوزیمترها در عمق ۱۰ میلی متری، دوز معادل برای هر ارگان بدست آمده و برای بدست آمدن دوز معادل موثر، از ضرایب موثر هر ارگان [١٤] استفاده شده است. منظور از تمامی عبارت‌های دوز و دوزیمتری در متن از این پس دوز معادل موثر است. تمام دوزیمتری‌ها در جریان یکسان ۱ میلی‌آمپر تیوب پرتو ایکس و برای انرژی kVp ۱۵۵ آن انجام شده و برای انرژی‌های kVp ۱۷۵ و۱۹۰ از ضرایب مناسب استفاده شده است. دوزیمترهای به کار رفته از نوع TLD LiF(Mg,Cu,P)؛ ساخت کشور چین و نام

[5] Z map

محصول آن GR-200 بوده است. قطر هر دوزیمتر ٤/٩ میلی متر و ضخامت آن ٩ میلی‌متر می‌باشد که در مجموع تعداد ٨٢ دوزیمتر در فانتوم جایگذاری و اندازه‌گیری‌های انجام شد. ضرایب توزین دوز در بافت‌های مختلف بدن و همچنین توزیع تعداد دوزیمتر جایگذاری شده در فانتوم راندو در جدول ٢ قابل مشاهده است. همچنین از آنجایی که دوز سرنشین با تغییر سرعت خودرو تغییر می‌کند، تمام دوزیمتری‌ها در سرعت پیش فرض ١٠ km/h انجام شده و نتایج آن گزارش شده است.

شکل ٤. شمای کلی دستگاه پرتو ایکس دو انرژی کاوش خودرو سبک ساخت ایران

همچنین از آنجایی که تغییر دوز سرنشین خودرو با تغییر نوع و مدل خودرو پیش بینی می‌شود، از خودروهای متفاوتی برای انجام دوزیمتری استفاده شده است. در مجموع جهت کاهش خطای آماری و افزایش دقت نتایج تحقیق، تعداد ١٠٣ اسکن/ دوزیمتری انجام شد و نتایج به صورت میانگین گزارش شد. نمایی از فانتوم راندو استفاده شده و نحوه قرارگیری این فانتوم در خودرو در شکل ٥ قابل مشاهده است.

جدول ٢. ضرایب توزین بافت‌های مختلف بدن و همچنین توزیع تعداد دوزیمتر جایگذاری شده در فانتوم هر ارگان فانتوم راندو

نوع بافت	فاکتور توزین بافت براساس	تعداد دوزیمتر	نوع بافت	فاکتور توزین براساس بافت	تعداد دوزیمتر
مغز	٠/٠١	٣	غدد جنسی	٠/٠٨	٢
مری	٠/٠٤	٣	پوست	٠/٠١	٦
تیروئید	٠/٠٤	٦	عدسی چشم		٢
غدد بزاقی	٠/٠١	٢	مغز استخوان	٠/١٢	٤
سطح استخوان	٠/٠١	٤	روده بزرگ	٠/١٢	٤
ریه	٠/١٤	١٤	کبد	٠/٠٤	٩
پستان	٠/١٢	٨	سایر اندام ها	٠/١٢	١٠
معده	٠/١٢	٣	مجموع	١	٨٢
مثانه	٠/٠٤	٢			

شکل ۵. چگونگی قرارگیری فانتوم با دزیمترهای کاشته شده در درون آن و بر روی آن در موقعیتی مشابه افراد عادی در زمان اسکن با دستگاه

۳. نتایج و بحث

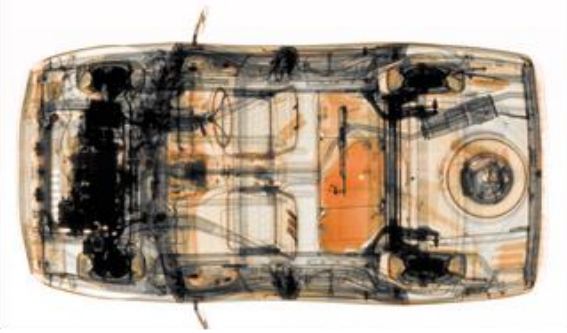
نتایج دوزیمتری‌های عملی با استفاده از TLD و فانتوم معادل انسان مرد راندو برای هر ارگان به صورت مجزا و برای تمام بدن به صورت میانگین و بر اساس فاکتورهای توزین با عنوان دوز معادل موثر در جدول ۳ آمده است. بر اساس این نتایج برای انرژی ۱۵۵ kVp حداقل دوز دریافتی برای سطح پوست و سطح استخوان بوده و مقدار آن برابر ۰/۰۰۲٤ میکروسیورت می‌باشد. حداکثر مقدار دوز معادل دریافتی در بافت‌های معده و سایر اندام‌ها با مقدار ۰/۰٤٤ میکروسیورت گزارش شده است. بر اساس این نتایج میانگین دوز معادل دریافتی در این انرژی ۰/۲۷٦ میکرو-سیورت می باشد. همچنین بر اساس نتایج دوز میانگین دریافتی با افزایش انرژی پرتو ایکس افزایش پیدا می کند و بر این اساس برای انرژی‌های ۱۷۵ kVp و ۱۹۵ دوز معادل میانگین دریافتی سرنشین خودرو به ترتیب برابر ۰/۳۱۵ و ۰/۳۳۸ میکروسیورت می‌باشد.

یکی از راه‌های مورد استفاده در کاهش دوز راننده در مورد کامیون‌ها، جلوگیری از پرتودهی مستقیم به راننده بوده و دوز رسیده به راننده در این شرایط تنها ناشی از پرتوهای پراکنده‌ای است که از بازرسی بار کامیون به راننده می‌رسد. [۱۵] این در حالیست که امکان اجرای این روش در بازرسی خودرو سواری نیست و در بهترین حالت می‌توان جهت جلوگیری از رسیدن پرتو به مسافرین و سرنشینان خودرو، جهت عبور خودرو از دروازه دستگاه، از نوار نقاله‌های قوی و خودکار استفاده نمود. همچنین به علت اینکه زمان پرتودهی به سرنشین در این دستگاه ها بسیار کم است، دوز رسیده به فرد نیز تابع آن بوده و کاهش پیدا می کند این درحالی است که تقریبا تمامی دستگاه‌های بازرسی در حالت پرتودهی با نرخ بالا کار می‌کنند که عامل مهمی برای افزایش دوز رسیده به سرنشین می‌باشد.

جدول ۳. نتایج میانگین دوزیمتری‌های انجام شده عملی برای هر اسکن در انرژی ۱۵۵ kVp دستگاه

ارگان‌ها	میانگین دوز موثر حاصل از دوزیمتری عملی (μSv)
مغز	۰/۰۰۳٦
مری	۰/۰۱۲۰
تیروئید	۰/۰۰۹٦
غدد بزاقی	۰/۰۰٤٦
سطح استخوان	۰/۰۰۲٤
ریه ها	۰/۰۲۸۸
پستان	۰/۰۳۲۲
معده	۰/۰٤٤۰
مثانه	۰/۰۱۱۲
غدد جنسی	۰/۰۱٦۰
پوست	۰/۰۰۲٤
مغز استخوان	۰/۰۲۸۸
روده بزرگ	۰/۰۲٦٤

کبد	۰/۰۱۰٤
سایر اندام ها	۰/۰٤٤۰
مجموع	۰/۲۷٦۰



شکل ٦. نمونه ای از یک خودروی اسکن شده بوسیله دستگاه بازرسی پرتو ایکس دو انرژی

از آنجایی که احتمال تغییر دوز سرنشین خودرو با تغییر نوع خودرو تغییر پیش بینی می‌شد، بر اساس اندازه گیری‌های انجام شده این تغییر به گونه ای است که میانگین دوز سرنشین از ۰/۲ تا ۰/۵۵ میکروسیورت برای خودروهای مختلف متغیر بوده و نتایج جدول فوق حاصل از میانگین گیری برای خودروهای مختلف می‌باشد.

براساس دسته بندی موسسه استاندارد ملی امریکا، سیستم های بازرسی پرتو ایکس در دو گروه دستگاه‌های کاربرد عمومی و کاربرد محدود قرار میگیرند. دستگاه های کاربرد عمومی دستگاه‌هایی هستند که دوز معادل موثر دریافتی فرد در هر بار اسکن توسط آنها از ۰/۲۵ میکرو-سیورت و دوز دریافتی کل فرد در طول یک سال از ۲۵۰ میکروسیورت بیشتر نشود. دستگاه‌های کاربرد محدود دستگاه‌های هستند که دوز معادل موثر دریافتی فرد در هر بار اسکن توسط آن‌ها از ۰/۲۵ میکروسیورت بیشتر و از ۱۰ میکروسیورت کمتر باشد و دز دریافتی کل فرد در طول یک سال از ۲۵۰ میکروسیورت بیشتر نشود.

با در نظر گرفتن میانگین دوز معادل فرد در حال عبور از سیستم مورد مطالعه (۰/۳۱ میکرو سیورت) در هر بار اسکن، دستگاه مورد بررسی با توجه به جدول ٤، جدول استاندارد ANSI در دسته دستگاه‌های کاربرد محدود قرار می گیرد. استاندارد ملی آمریکا این جدول را به شرط توجیه پذیری کامل انجام اسکن ارائه نموده است که می تواند مورد استفاده قرار گیرد. [٦]

با استفاده از درون یابی در داده های این جدول با نرم افزار LabFit و برازش داده ها در این نرم افزار و با تضمین برازش صحیح داده ها با چی[6] تست، تعداد مجاز عبور برای هر فرد از این دستگاه برای یکسال، یک ماه و یک هفته به ترتیب برابر ۸۰٦، ٦٦ و ۱۵ خواهد بود و تجاوز از این تعداد برای هر فرد بر اساس این استاندارد مجاز نخواهد بود.

جدول ٤. بیشینه تعداد مجاز اسکن به ازاء مقادیر مختلف دوز میانگین فرد در هر اسکن بازرسی [٦]

دز موثر فرد در هر اسکن (μSv)	بیشینه تعداد مجاز اسکن در سال	میانگین تعداد اسکن در ماه برای تجاوز نکردن از بیشینه مجاز سال	میانگین تعداد اسکن در هفته برای تجاوز نکردن از بیشینه مجاز سال
۰/۰۵	۵۰۰۰	٤۱٦	۹٦

[6] ChiSq Test

۰/۱۰	۲۵۰۰	۲۰۸	٤٨
۰/۱۵	۱٦٦۷	۱۳۸	۳۲
۰/۲۰	۱۲۵۰	۱۰٤	۲٤
۰/۲۵	۱۰۰۰	۸۳	۱۹
*۰/۳۱	۸۰٦	٦٦	۱۵
۰/۵	۵۰۰	٤۱	۹
۱/۰	۲۵۰	۲۰	٤
۲/۰	۱۲۵	۱۰	۲
۳/۰	۸۰	٦	۱
٤/۰	٦۲	۵	۱
۵/۰	۵۰	٤	
۱۰/۰	۲۵	۲	

* داده حاصل از درون یابی در جدول استاندارد ANSI برای میانگین دوز معادل دستگاه مورد تحقیق در این پژوهش. همچنین لازم به ذکر است کلیه اندازه گیری‌ها در سرعت ۱۰ km/h انجام شد و دوز دریافتی فرد با رابطه خطی با سرعت خودرو تغییر می کند.

٤. نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، با استفاده از دوزیمتری رایج با کمک فانتوم راندو در دستگاه ساخته شده بازرسی خودرو پرتو ایکس دو انرژی و با قابلیت طبقه بندی مواد، بر اساس استاندارد ANSI این دستگاه در زمره دستگاه‌های با کاربرد محدود شناخته شده و به شرط توجیه پذیر بودن اسکن، برای آنکه دوز رسیده به فرد خطر جدی را متوجه سرنشین خودرو نکند، هر فرد حداکثر می‌تواند در طی یکسال، یک هفته و یک ماه به ترتیب ۸۰٦، ٦٦ و ۱۵ از دستگاه عبور کرده و تحت بازرسی قرار گیرد.

مراجع

[1] R.F. Eilbert, K.D. Krug, Aspects of image recognition in Vivid Technologies' dual energy x ray system for explosives detection. Appl. Optical Science and Engineering International Society for Optics and Photonics, 127 143, 1993.

[2] M. Kahani, A. Kamali asl , H. Ghadiri, S. Hashemi, A method for material decomposition in dual energy contrast enhancement digital mammography Measurement, 87 95, 2016

[3] R.B. Mazess, H.S Barden, J.P Bisek, J. Hanson, Dual energy x ray absorptiometry for total body and regional bone mineral and soft tissue composition. The American journal of clinical nutrition, 51(6):1106 12, 1990.

[4] M. Kahani, M. Mahdi, A. KamaliAsl, S. Hashemi, H. Ghadiri, Simultaneous Use of Two Different Contrast Agents and Assessing their Accuracy in Breast Tissue Using Dual Energy Digital Mammography. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 24(122), 239 51, 2015

[5] M. Mojorad Kahani , A. Kamali, S. Hashemi, H. Ghadiri, Automatic Detection of Mic ro Calcification in Breast Tissue by X Ray Dual energy Technique for Early Detection of Breast Cancer, Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 24(116):11 22, 2014.

[6] American National Standard for Determination of the Imaging Performance of X Ray and Gamma Ray Systems for Cargo and Vehicle Screening ANSI N42 46 2008, American National Standards Institute, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2008.

[7] S.M. Khan, P.E. Nicholas, M.S. Terpilak, Radiation dose equivalent to stowaways in vehicles, Health physics, 86(5), 483 92, 2004.

[8] R.C. Blish, S.X. Li, D. Lehtonen, Filter optimization for X ray inspection of surface mounted ICs, IEEE Transactions on device and materials reliability, 2(4), 102 6, 2002.

[9] A.A. Zavadtsev, D.A. Zavadtsev, A.A. Krasnov, N.P. Sobenin, S.V. Kutsaev, D.V. Churanov, M.O. Urbant, A dual energy linac cargo inspection system, Instruments and Experimental Techniques, 54(2):241 8, 2011.

[10] R.D. Macdonald, Design and implementation of a dual energy X ray imaging system for organic material detection in an airport security application, International Society for Optics and Photonics, 31 41, 2001.

[11] H. Cember, Introduction to health physics, 1969.

[12] H.P. Maharaj, Predicting absorbed doses and risks from some inspection X ray machines, Journal of Radiological Protection. 15(4), 303, 1995.

[13] S.M. Khan, P.E. Nicholas, M.S. Terpilak, Radiation dose equivalent to stowaways in vehicles, Health physics, 86(5), 483 92, 2004.

[14] O. Hupe, U. Ankerhold, Determination of ambient and personal dose equivalent for personnel and cargo security screening, Radiation protection dosimetry, 121(4), 429-37, 2006

[15] R.S. Gomes, J.D. Gomes, M.L. Costa, M.V Miranda, Dose to drivers during drive through cargo scanning using GEANT4 Monte Carlo simulation, International Nuclear Atlantic Conference INAC 2013 Recife, PE, Brazil, 2013.

Journal of Radiation and Nuclear Technology

JRNT
Journal of Radiation and Nuclear Technology

Journal of Radiation and Nuclear Technology / Vol. 04/ No. 03 /Autumn 2017

Aboard Dose Assessment in Dual Energy X-ray Vehicle Inspection by Use of Experimental Measurement in Human Rando Phantom

M. Hashemi-Nejad[1*], M. Kahani[2], H. Jafari[3], H. Shafaei-Douk[4], M. Azarbadegan[5] and Samaneh Hashemi[2]

1. MSc., Department of Physics, Islamic Azad University, Tehran, Tehran, Iran
2. Ph.D. Student, Department of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Tehran, Iran
3. Ph.D. Student, Department of Physics and Nuclear Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Tehran, Iran
4. MSc., Department of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Tehran, Iran
5. MSc., Department of Electrical Engineering, University of Science and Technology , Tehran, Tehran, Iran

** Corresponding author's E-mail: smhna_61@yahoo.com*
(Received: 23/06/2018- Accepted: 23/08/2018)

ABSTRACT

One of the most effective and comprehensive ways to deal with security risks as well as smuggling of contraband including drugs is using Dual Energy X-ray inspection devices with the capability of materials classification. An important parameter in relation to the use of these devices in the vehicle inspection is the car driver and sensitive body organs dose which can lead to person's diseases caused by radiation. The aim of this study is the risk assessment for car driver in each scan and also determination of maximum number passes through inspection device for a specified time based on individual doses per scan and the ANSI standard. By using a homespun and programmed car inspection dual-energy X-ray as well as using a Rando phantom of a man and TLD dosimeters, dosimetry was performed to assess the doses of overall and sensitive body organs at three energy situations of the X-ray tube, 155, 175 and 195 kVp. The results show that maximum dose is absorbed in the stomach and the mean total dose of car driver for 155, 175 and 195 kVp energy is 0.276. 0.315 and 0.338 μSv, respectively. With respect to the overall mean car driver dose (the 0.31 μSv) and according to the ANSI standard, machine is known in the category of devices with limited utility. Anyone can pass through this machine in maximum for a year, a month and a week 806, 66 and 15 times respectively and more scan could lead to radiation biohazards according to ANSI standard.

Keywords: *Dosimetry, TLD, Car Inspection, Material Classification, Dual Energy Imaging*