مقاله کنفرانسی

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۱۱، شمارهٔ ٤، زمستان (ویژه‌نامه) ۱٤۰۱، صفحه ۱۳۹-۱٤۲
ششمین کنفرانس سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مردادماه ۱٤۰۰)
تاریخ دریافت مقاله: ۱٤۰۰/۰۷/۱٤، تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۱/۰۵/۰۹

توجیه‌پذیری تصویربرداری از انسان با اهداف غیرپزشکی، مطالعه موردی کاوش‌گر بدن

امیرمحمد مهری*، حسین کریمی آشتیانی، سعید تقی‌زاده اشرفی، حامد کسائی و فیروزه ناظری

دفتر حفاظت در برابر اشعه، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای، تهران، ایران.
*تهران، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای، دفتر حفاظت در برابر اشعه، کدپستی: ۱٤۳۹۹٥٤۸۳۱
پست‌الکترونیکی: am.mehri74@gmail.com

چکیده

روش‌های بازرسی بدنی تنها به دستگاه‌های فلزیاب محدود نمی‌گردد. امروزه دستگاه‌های کاوش‌گر تمام بدن یا بخشی از بدن به‌طور گسترده در برخی کشورها به‌کار گرفته می‌شوند. دستگاه‌های کاوش‌گر بدن سیستم‌هایی هستند که برای کنترل افراد مشکوک به حمل سلاح، مواد منفجره و مواد مخدر به شکل جاسازی شده در درون حفره‌های بدنی در فرودگاه‌ها، زندان‌ها یا سایر مراکز حساس امنیتی و اقتصادی به‌کار می‌روند. در حال حاضر در کشور حدود ۲۰ دستگاه کاوش‌گر بدن مدل Soter-RS به‌کار گرفته شده است که میزان دز دریافتی فرد اسکن‌شونده با این دستگاه‌ها یکی از مهم‌ترین جنبه‌های ایمنی آنهاست که در دسته‌بندی دستگاه و نیز تعیین تعداد اسکن مجاز برای هر فرد در طول یک سال مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته توجیه‌پذیری به‌کارگیری چنین سیستم‌هایی به قوانین و مقررات هر کشور بستگی دارد. بررسی و ارزیابی‌های انجام شده در خصوص دستگاه‌های کاوش‌گر بدن در حال بهره‌برداری موجود در کشور نشان‌دهنده این است که دستگاه‌های موجود در محدوده کاربری محدود (Limited-use) قرار می‌گیرد ولی هم‌چنان با رعایت محدودیت تعداد اسکن توصیه شده در استاندارد ANSI-٤۳.۱۷، دز دریافتی این افراد کم‌تر از حد دز و دز محدود شده می‌باشد. نظارت و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که محدودیت تعداد اسکن متناسب با دز اعمال شده دستگاه‌های مورد بهره‌برداری در کشور رعایت گردیده است.

کلیدواژگان: توجیه‌پذیری، تصویربرداری غیرپزشکی، دستگاه کاوش‌گر بدن، ایمنی پرتوی، Soter-RS.

۱. مقدمه

توجیه‌پذیری مطابق سند «اصول کلی ایمنی در تأسیسات و فعالیت‌های هسته‌ای و پرتوی» [۱]، فرآیندی است که طی آن درباره این‌که آیا منافع یک فعالیت پرتویی بیش از مضرات آن است یا نه، تصمیم‌گیری می‌شود. در استانداردهای پایه آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (safety series ۱۱۵)، تا سال ۲۰۱٤، تصویربرداری از انسان با اهداف غیرپزشکی توجیه‌پذیر نبوده ولی با توجه به رخدادهای پیش‌آمده در سال‌های اخیر، آژانس در سند GSR-part ۳ [۲]، بررسی توجیه‌پذیری انواع تصویربرداری غیرپزشکی از انسان را با رعایت الزامات ایمنی و با توجه به وضعیت و شرایط و نیازمندی هر کشور بر عهده واحد قانونی آن کشور قرارداده است. البته هم‌چنان بعضی از کاربردها از جمله تصویربرداری از انسان جهت کشف سرقت و

یا به‌منظـور تولیـد آثـار هنـری توجیـه‌ناپذیر است. سند GSR-Part ۳ مشخصا بهینه کردن حفاظت و ایمنی را الزامی می‌داند که شامل تعیین مقادیر دز محدود شده و خطرات احتمالی می‌شود. فرآیند بهینه کردن حفاظت و ایمنی پرتویی در مواردی کاربرد دارد که فعالیت مربوطه توجیه پذیر باشد. در این فرآیند، اطمینان حاصل می‌شود که میزان و احتمال پرتوگیری و همینطور تعداد افرادی که پرتوگیری می‌کنند با اصل ALARA تطابق دارد. همچنین در این فرآیند، عوامل اقتصادی، اجتماعی، امنیتی و زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود و در شرایط موجود، مزایای انجام این فعالیت پرتوی برای شخص و یا جامعه بیش از معایب و خطرات احتمالی آن است. خاطر نشان می گردد در فعالیت تصویربرداری غیرپزشکی از انسان، در بیشتر موارد، مزایای آن شامل حال جامعه و نه خود فرد اسکن شده می شود.

۲. تصویربرداری‌های غیرپزشکی از انسان و کاربردهای آن

تصویربرداری غیرپزشکی از انسان در جهان معمولاً به منظور کشف و جلوگیری از حمل سلاح، قاچاق انسان و قاچاق مواد مخدر انجام می‌شود. در برخی از کشورها با توجه به شرایط و تهدیدات موجود آن کشور و بر اساس مسئولیت واحد قانونی کشورها و توصیه‌های آژانس، هر سه مورد تصویربرداری را توجیه پذیر دانسته‌اند ولی در ایران، براساس تصمیم‌گیری واحد قانونی، فقط تصویربرداری از انسان برای جلوگیری از قاچاق مواد مخدر توجیه پذیر شناخته شده است. شناسایی افرادی که سلاح یا مواد منفجره حمل می‌کنند با استفاده از دستگاه‌های فلزیاب و یا دستگاه‌های با تکنولوژی امواج میلی‌متری (غیر یون‌ساز) امکان‌پذیر است. بر این اساس تصویربرداری با پرتوهای یون‌ساز برای تشخیص این‌گونه موارد تاکنون در ایران توجیه پذیر شناخته نشده است. روش‌های مختلف قاچاق مواد مخدر از جمله بلع و پنهان کردن مواد مخدر در حفره‌های بدنی، بازرسی فیزیکی بدنی را نیز کم اثر کرده است، بنابراین تصویربرداری برای جلوگیری از حمل مواد مخدر ضروری و توجیه پذیر است. همچنین با توجه به شرایط خاص و موقعیت جغرافیایی کشور و تأکید نهادهای مسئول در خصوص ضرورت کاربرد این روش، پس از بررسی جامع، این فعالیت توجیه پذیر شناخته شده است. استفاده از این روش می تواند به‌عنوان راه حل جایگزین به‌کار گرفته شود. علاوه بر این، کنترل و بازرسی افراد مظنون به حمل و قاچاق مواد مخدر، برای جامعه نیز یک منفعت به حساب می‌آید. همچنین برای فردی که مورد بازرسی قرار می‌گیرد نیز این مزیت را دارد که نسبت به بازرسی فیزیکی تمام بدن، حریم خصوصی او کم‌تر مورد تعرض قرار گرفته و از خطرات جانی تهدید کننده فرد (به‌عنوان مثال: خطرات جانی ناشی از بلع مواد) نیز پیش‌گیری به‌عمل می‌آید. در شکل ۱ تصویری از دستگاه Body Scanner/soter-RS مشاهده می‌شود.

شکل (۱): دستگاه کاوش‌گر بدن مدل Soter-RS.

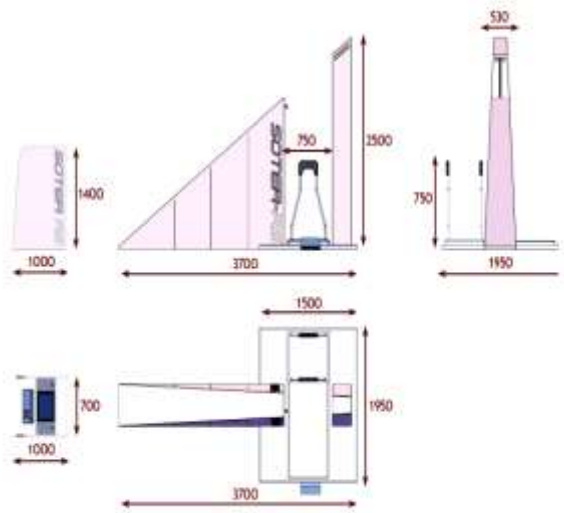
هم‌چنین در جدول ۱ مشخصات فنی این نوع دستگاه را مشاهده می‌کنید. همان‌طور که از این تصویر استنباط می‌شود، این نوع دستگاه دارای توان مصرفی ۲ کیلووات و ۱۳ آمپر بوده و سیستم خنک‌کننده آن، آب است. از لحاظ ایمنی نیز دز دریافتی در هر اسکن کم‌تر از ۲.۵ میکروسیورت است که برابر است با دز دریافتی پرتوهای کیهانی مسافران هوایی که حداکثر ٤٠ تا ٦٠

دقیقه پرواز می‌کنند. همچنین نحوه کار با این دستگاه بسیار آسان بوده و آموزش آن کم‌تر از یک ساعت طول می کشد. در شکل ۲ نیز ابعاد این دستگاه در نماهای مختلف مشاهده می‌شود.

جدول (۱): مشخصات دستگاه کاوش‌گر بدن مدل Soter-RS.

Soter RS security body-scanner specification

General characteristics	- Number of elements in the image 2678*1200 - Time of scanning 10 seconds - Contrast resolution 1% - Space resolution 1-2mm low contrast items and 0.15mm high contrast items
Power consumption	2kw, 220v, 60Hz, 13 Amp
X-ray generator	- Anode voltage 100-160kv - Tube current 2.4 to 3.5 mA - Water cooled - 24 hours operational time
Stability	- Mounted into the floor - Solid frame construction (vandalism proof)
Safety	- Emission per scan <2.5 microsiverts - The radiation of one scan is equivalent to approximately half a day of exposure to naturally occurring background radiation or 40-60 minutes flight by plane. - Operator will not be exposed to radiation
Operation	- Training on how to operate the Soter RS takes less than 1 hour - For recognizing the contraband the operator will join a one day training
Required space	$26m^2$



شکل (۲): ابعاد دستگاه کاوش‌گر بدن مدل Soter-RS برحسب میلی‌متر.

با توجه به شکل ۳، دستگاه کاوش‌گر بدن در مقایسه با سایر منابع پرتو، میزان پرتودهی کمی دارد به‌طوری که این دستگاه در هر اسکن ۳ میکروسیورت دز اعمال می‌کند.

شکل (۳): میزان پرتوگیری ناشی از دستگاه کاوش‌گر بدن نسبت به سایر منابع پرتو.

در جدول ۲ نیز میزان پرتوگیری انسان از موارد پرتوپزشکی مانند رادیولوژی و ... با میزان پرتوگیری از دستگاه کاوش‌گر بدن مقایسه شده است.

جدول (۲): میزان پرتوگیری انسان از موارد پرتوپزشکی و مقایسه آن با سایر.

Procedure	Dose (mSv)	Number of chest x-rays	Equiv period of background radiation	Approx number of hrs flying at 39000ft	Approx risk of fatal cancer
Projectional radiography					
-Limbs and joints	<0.01	<0.5	<1.5 days	2	1 in 2000000
-Dental bitewing	0.02	1	3 days	4	1 in 1000000
-chest x-ray	0.02	1	3 days	4	1 in 1000000
mammography	0.4	20	2 monthes	80	1 in 50000
- Thoracic spine	0.7	35	4 monthes	140	1 in 30000
-Pelvis	0.7	35	4 monthes	140	1 in 30000
-Abdomen	1.0	50	6 monthes	200	1 in 20000
-Lumbar spine	1.3	65	7 monthes	260	1 in 15000
CAT scans					
Head	2.3	115	1 year	460	
Lumbar spine	5	250	2 years	1000	
Chest	6	300	3 years	1200	
Abdo or pelvis	10	500	4.5 years	2000	
Soter RS					
	<0.003	<0.15	<0.5	<0.7	1 in 6000000

۳. ایمنی پرتوی و نظارت بر آن

در حال حاضر در کشور، افزون‌بر ۲۰ دستگاه کاوش‌گر بدن (Body Scanner) با هدف مبارزه با قاچاق مواد مخدر، صرفاً

در نهادهای حاکمیتی از قبیل فرودگاه‌ها، ایستگاه‌های راه‌آهن، ایست‌های بازرسی جاده‌ای و زندان‌ها استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها از واحد قانونی دارای مجوز/پروانه اشتغال بوده و تحت نظارت واحد قانونی فعالیت می کنند.

این دستگاه‌ها غالباً وارداتی بوده و تاکنون یک سازنده نسبت به تولید داخل آن اقدام کرده است. همچنین اجرای این روش داوطلبانه بوده و با اخذ رضایت نامه از افراد اسکن شده است و همواره می‌بایست حداقل یک روش جایگزین غیرپرتوی وجود داشته باشد.

جهت حصول اطمینان از رعایت اصول ایمنی پرتوی و مقررات قانون، ارزیابی‌هایی درخصوص دستگاه کاوش‌گر بدن در ایران انجام شده است که روش و نتایج این ارزیابی ها در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

٤. بهینه‌سازی و حدود دز

با توجه به این که حد پرتوگیری مردم در سال ۱ میلی سیورت از همه منابع مصنوعی است و با در نظر گرفتن دز محدود شده، جهت حصول اطمینان از عدم تجاوز پرتوگیری افراد از حد دز، باید محدودیت‌ها و حداکثر تعداد اسکن در بازه‌های زمانی مشخص شده در جدول ۳ [۳] رعایت گردد.

براساس این جدول دستگاه هایی که تا ۰.۲۵ میکروسیورت در هر اسکن دز اعمال می کنند، جزء دستگاه‌های با کاربری عمومی (General-use) محسوب شده و محدودیت‌های کم‌تری از نظر تعداد اسکن در بازه‌های زمانی مختلف، نسبت به دستگاه‌های با کاربری محدود (Limited-use) دارند.

جدول (۳): تعداد تصویربرداری مجاز برای یک نفر براساس استاندارد ANSI-٤٣.١٧.

حداکثر تعداد اسکن			دز در هر اسکن
در روز	در هفته	در ماه	در سال	(میکروسیورت)
١٣	٩٦	٤١٦	٥٠٠٠	٠/٠٥
٦	٤٨	٢٠٨	٢٥٠٠	٠/١٠
٤	٣٢	١٣٨	١٦٦٧	٠/١٥
٣	٢٤	١٠٤	١٢٥٠	٠/٢٠
٢	١٩	٨٣	١٠٠٠	٠/٢٥
–	٩	٤١	٥٠٠	*٠/٥
–	٤	٢٠	٢٥٠	*١
–	٢	١٠	١٢٥	*٢
–	١	٦	٨٠	*٣
–	١	٥	٦٢	*٤
–	–	٤	٥٠	*٥
–	–	٢	٢٥	*١٠

* دستگاه‌های با کاربری محدود (Limited-use)

٥. نتایج و بحث

بررسی و ارزیابی‌های انجام شده در خصوص دستگاه‌های کاوش‌گر بدن در حال بهره‌برداری موجود در کشور نشان‌دهنده این است که دستگاه‌های موجود در محدوده کاربری محدود (Limited-use) قرار می‌گیرد ولی هم‌چنان با رعایت محدودیت تعداد اسکن توصیه شده در استاندارد ANSI-٤٣.١٧، دز دریافتی این افراد کم‌تر از حد دز و دز محدود شده می‌باشد. نظارت و ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که محدودیت تعداد اسکن متناسب با دز اعمال شده دستگاه‌های مورد بهره‌برداری در کشور رعایت گردیده است.

٦. مراجع

1. Fundamental Safety Principles. IAEA Safety Standards Series No. SF-1, IAEA, Vienna, 2006.
2. Radiation protection and safety of radiation sources, IAEA Safety Standards Series No. GSR-part3, IAEA, 2014.
3. Radiation Safety for Personnel Security Screening Systems Using X-Ray or Gamma Radiation. ANSI-43.17, 2009.
4. Justification of practices, including Non-Medical human imaging, IAEA Safety Standards Series No. GSG-5, IAEA, 2014.
5. Radiation protection instrumentation - security screening of humans – measuring the imaging performance of X-ray systems, International Standard, IEC 62709, 2014.