

## بررسی چند سانحه پرتوی ناشی از سیستم تضمین کیفی فاکارآمد در بهره برداری از شتابدهنده ها در دستگاه های امنیتی کنترل بار

\*، فریدون میانجی و محمد رضا کاردان

مدیریت حفاظت در برابر اشعه کشور - سازمان انرژی اتمی ایران - تهران - ایران

### چکیده:

با وجود تمامی فعالیت های نظارتی انجام شده از طرف واحد قانونی و ضوابط اعلام شده به مراکز مختلف کار با منابع مولد پرتو، عدم رعایت ضوابط اعلام شده و نکات ایمنی، زمینه ساز بروز سوانح پرتوی و بروز خطراتی در کاربرد این منابع می باشند. در این مقاله به تحلیل چند سانحه رخ داده در کاربرد شتابدهنده های بسیار پرانرژی در یکی از مراکز کنترل بار در کشور و بررسی دلایل بروز چنین سوانحی پرداخته شده است. رعایت دقیق ضوابط و مقررات حفاظت در برابر اشعه از جمله نهادینه کردن مفاهیمی از قبیل پیروی کامل از دستورالعملهای کاری، نظارت مستمر مسئول فیزیک بهداشت بر فعالیت پرتوی و ارزیابی دوره ای شرایط ایمنی کار، مهمترین عوامل در بهبود وضعیت ایمنی در کار با منابع مولد پرتو می باشند.

کلید واژه ها: ایمنی، تضمین کیفی، سوانح پرتوی، شتابدهنده، دستگاه های امنیتی کنترل بار

### مقدمه:

کاربرد منابع پرتو در امور کنترل امنیت و بار امروزه وارد زندگی روزمره انسانها گردیده است که یک نمونه بارز آن دستگاه های امنیتی کنترل بار مسافری در فرودگاه ها می باشد. با افزایش آمار مسافرت ها، حمل و نقل بار، ارسال محموله های پستی و اموری از این قبیل و با توجه به افزایش تهدیدهای امنیتی که با روش های جدید بر علیه سیستم های حکومتی یا جوامع بکار گرفته میشود توجه به بکارگیری روشهای جدیدتر در زمینه امنیتی کنترل بار نیز افزایش یافته است. این روش دستگاه های نسبتاً کوچک کنترل چمدانی مسافری تا دستگاه های کنترل کامیون های حامل بار را در بر گرفته و حتی در بازرسی بدنی افراد در موارد کنترل قاچاق مواد مخدر، اسلحه و سایر موارد مشابه نیز کاربرد دارد. این گونه دستگاه ها معمولاً از یک منبع مولد پرتوهای ایکس، آشکار ساز پرتو، سیستم الکترونیک، نرم افزارهای لازم و ساختار مکانیکی مناسب بهره می برند. دستگاه های کنترل بار چمدانی ساختاری فشرده و یکپارچه داشته و عملکرد آنها مبتنی بر قرار دادن بار بر روی نوار نقاله ای که از درون آنها، از فاصله میان مولد ایکس و آشکارساز می گذرد می باشد. در این دستگاه ها بدنه دستگاه به حفاظ لازم در برابر اشعه مجهز بوده و در نتیجه برای کاربر دستگاه یا مسافرینی که جهت کنترل بار خود از کنار این

دستگاه‌ها عبور می‌کنند، مشروط بر وارد نکردن عضوی از بدن در دستگاه، منجر به پرتوگیری نمی‌شود. در مقابل دستگاه‌های کنترل بار کامیونی بسیار بزرگتر بوده و از چندین قسمت مجزا شامل مولد اشعه ایکس و آشکارساز، اتاق کنترل دستگاه و موانع محدود کننده ورود افراد به ناحیه پرتودهی (ناحیه استقرار مولد اشعه ایکس و آشکارساز) تشکیل می‌شوند. با توجه به نیاز به پرتوهای ایکس بسیار پرانرژی در دستگاه‌های کنترل کامیونی، در آنها از شتابدهنده‌های پرانرژی در محدوده میلیون الکترون ولت استفاده می‌گردد. آنچه که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است بررسی چند سانحه روی داده در این گونه دستگاه‌ها، برآورد میزان دز دریافتی افراد سانحه دیده، علل اصلی بروز چنین سوانحی و ارائه راهکارهایی در جهت کاهش احتمال بروز اینگونه سوانح می‌باشد. برقراری سیستم کنترل کیفی مناسب و پیروی دقیق از این ضوابط یکی از اصول اساسی استفاده ایمن از منابع مولد پرتو می‌باشد [1,2].

## روش کار:

در این بررسی از گزارشات تأیید شده چند سانحه رخ داده در سیستم‌های امنیتی کنترل بار در کشور استفاده شده است. سیستم‌های امنیتی کنترل بار را می‌توان به طور کلی به دو گروه سیستم‌های ثابت که معمولاً در اندازه‌های کوچک یا متوسط بمنظور کنترل بار مسافری استفاده میشوند و سیستم‌های متحرک که معمولاً در اندازه‌های بزرگ بمنظور کنترل بار کانتینرها یا محموله کامیون‌ها، بصورت یکجا و بدون نیاز به تخلیه محموله آنها استفاده می‌شوند تقسیم بندی نمود.

## سیستم‌های ثابت

سیستم‌های ثابت از چندین دهه گذشته بطور گسترده‌ای در فرودگاه‌ها و برخی ساختمانهایی که از درجه امنیتی بالایی برخوردار میباشند بکار گرفته شده‌اند. انرژی پرتوهای ایکس بکارگرفته شده در این دستگاه‌ها معمولاً در محدوده ۶۰ تا ۱۵۰ کیلو الکترون ولت بوده و در شرایط عادی کار امکان ورود افراد به ناحیه پرتودهی وجود ندارد. در کاربرد این گروه از دستگاه‌ها با وجود سابقه بسیار طولانی بکارگیری آنها، گزارش‌هایی مبنی بر پرتوگیری کاربران دستگاه یا افراد عادی وجود ندارد. مهمترین دلیل این امر را می‌توان ساختار ایمن این دستگاه‌ها دانست.

در سالهای اخیر نمونه‌های متحرک این گونه دستگاه‌ها به بازار عرضه شده است که بر اساس بررسی‌های صورت پذیرفته کاربرد آنها مخاطرات بیشتری را بدنبال خواهد داشت. اما با توجه به اینکه تا کنون هیچ نمونه

ای از این گونه دستگاه‌ها در کشور بکار گرفته نشده است سوابقی از حوادث رخ داده ناشی از بکارگیری آنها گزارش نگردیده است.

### سیستم‌های متحرک

استفاده از سیستم‌های متحرک در برخی گمرکات کشور در راستای مکانیزه نمودن کنترل محموله‌های وارداتی یا صادراتی و با هدف سرعت بخشیدن به عملیات کنترل کامیون‌ها و کانتینرها، از سال ۱۳۸۳ شروع شده است. حجم و میزان بالای ماده مورد بازرسی در این سیستمها، نیاز به استفاده از پرتوهای بسیار پرنرژی ایکس را در آنها ضروری ساخته است. شتابدهنده‌های مولد ایکس در محدوده چندین میلیون الکترون ولت بخشی اساسی از دستگاه‌های امنیتی کنترل بار متحرک را تشکیل می‌دهد. ساختار آنها بطور کاملاً مجزا بوده و بخش شتابدهنده معمولاً در فضای باز و در محلی که امکان تردد کامیونها یا وسایل حامل کانتینرها وجود داشته باشد استقرار می‌یابد. بخش شتابدهنده با توجه به آنچه گفته شد از حفاظی در برابر پرتوهای اولیه یا پراکنده برای محافظت کارکنان یا مردم برخوردار نمی‌باشد. حفاظت از کارکنان یا مردم از طریق ایجاد موانع محدود کننده جهت جلوگیری از ورود افراد به ناحیه کنترل شده در پیرامون بخش شتابدهنده، بشکل حصار یا دیوار تامین می‌گردد. بدین ترتیب عملکرد سیستم بر اساس هدایت وسیله حامل بار به زیر دستگاه شتابدهنده، تخلیه کامل ناحیه کنترل شده از وجود افراد و نهایتاً پرتودهی محموله می‌باشد.

سوانح رخ داده همگی مربوط به یک دستگاه شتابدهنده کنترل بار که قبلاً بر اساس مقررات مربوطه نسبت به دریافت مجوزهای لازم از واحد قانونی اقدام نموده است می‌باشد [3,4]. مشخصات دستگاه مورد نظر بشرح زیر است:

بیشینه انرژی پرتوهای ایکس: ۶ میلیون الکترون ولت

خروجی دستگاه: ۰/۱۱ گری بر دقیقه در یک متری منبع مولد پرتو

سرعت حرکت دستگاه بر روی کانتینر: ۱۰۰ میلی متر در ثانیه

فاصله تقریبی کانتینر تا مولد پرتو در حین پرتودهی: ۲ متر

روش ارزیابی دز دریافتی افراد:

در ارزیابی دز دریافتی افراد، فاصله ایشان از شتابدهنده، خروجی دستگاه در فاصله مورد نظر با توجه به قانون عکس مجذور فاصله و مدت زمان تقریبی حضور افراد در میدان پرتوهای اولیه ملاک عمل قرار گرفته و بجهت

در نظر گرفتن اثر پرتوهای پراکنده، با وجود ادعای سازنده مبنی بر ناچیز بودن میزان پرتوهای پراکنده (با توجه به سخت بودن طیف اشعه ایکس تولیدی)، ضریب محتاطانه ۱/۲ نیز در نتیجه محاسبات اعمال گردیده است.

شرح سانحه اول:

پس از هدایت یک کامیون حامل بار در بخش شتابدهنده و تخلیه ناحیه کنترل شده از کلیه افراد، اقدام به روشن نمودن شتابدهنده می‌گردد. بخش شتابدهنده متشکل از شتابدهنده و آشکار ساز مربوطه که بشکل بازویی در طرف دیگر کانیتینر قرار می‌گیرد (بشکل C-ARM) شروع به حرکت در طول کانیتینر می‌نمایند و بدین شکل تصویری از کل محتوی کانیتینر حاصل می‌گردد. در تصویر بدست آمده وجود دو نفر در درون کانیتینر بار مشخص می‌گردد. بررسی های بعمل آمده پس از باز نمودن کانیتینر مشخص می‌نماید که این دو تن از اتباع یکی از کشورهای همسایه می‌باشند که قصد ورود قاچاق به دیگر کشور همسایه را از طریق عبور از خاک ایران داشته‌اند.

کمینه فاصله افراد تا منبع پرتو ۲ متر و بیشینه زمان پرتوگیری هر یک از پرتوهای اولیه ۴ ثانیه بوده است.

شرح سانحه دوم:

پس از هدایت یک کامیون حامل بار در بخش شتابدهنده و تخلیه ناحیه کنترل شده از کلیه افراد، اقدام به روشن نمودن شتابدهنده می‌گردد. در هنگام روشن بودن دستگاه مشخص می‌گردد که راننده کامیون که از اتباع کشور همسایه بوده است قبل از روشن کردن دستگاه دوباره به داخل کامیون برگشته است. در این هنگام دستگاه توسط اپراتور خاموش می‌گردد.

کمینه فاصله فرد پرتو دیده تا منبع پرتو ۳ متر و بیشینه زمان پرتوگیری وی از پرتوهای اولیه ۴ ثانیه بوده است.

شرح سانحه سوم:

پس از هدایت یک کامیون حامل بار به بخش شتابدهنده و تخلیه ناحیه کنترل شده از کلیه افراد، اقدام به روشن نمودن شتابدهنده می‌گردد. پس از اتمام پرتودهی مشخص می‌گردد که راننده کامیون که از اتباع کشور همسایه بوده قبل از روشن کردن دستگاه دوباره به داخل کامیون برگشته است. در این سانحه همچنین مامور راهنمای گمرک نیز در حین روشن بودن دستگاه در درون ناحیه کنترل شده حضور داشته است.

کمینه فاصله راننده تا منبع پرتو ۲/۵ متر و بیشینه زمان پرتوگیری از پرتوهای اولیه ۴ ثانیه بوده است.

در این سانحه مامور راهنمای گمرک در فاصله حداقل ۱۵ متر و خارج از میدان پرتوهای اولیه قرار داشته است.

## نتایج:

### سانحه اول:

با توجه به ارزیابی بعمل آمده بر اساس مشخصات دستگاه شناونده از قبیل خروجی دستگاه و اطلاعات بدست آمده از گزارشات سانحه شامل زمان پرتوگیری از پرتوهای اولیه و فاصله اشخاص درون کانتینر از شتابدهنده در شرایط پرتوگیری و نیز با اعمال ضریب پرتوهای پراکنده، دز دریافتی هر یک افراد سانحه دیده در بدترین حالت ۲/۲ میلی سیورت برآورد می گردد.

### سانحه دوم:

با توجه به ارزیابی بعمل آمده بروش سانحه اول، دز دریافتی راننده در بدترین حالت ۱ میلی سیورت برآورد می گردد.

### سانحه سوم:

با ارزیابی بعمل آمده بروش سوانح اول و دوم، دز دریافتی راننده در بدترین حالت ۱/۵ میلی سیورت و مامور گمرک ناچیز برآورد می گردد.

## بحث و نتیجه گیری:

بررسی دز دریافتی افراد سانحه دیده مشخص می سازد که دز دریافتی هیچیک از افراد پرتودیده در حد بروز آثار قطعی ناشی از پرتوگیری نمی باشد [5]. اما میزان پرتوگیری افراد عادی بر اثر این سوانح در حدی است که لزوم تقویت سیستم تضمین کیفی و نظارت دقیقتر جهت جلوگیری از بروز موارد مشابه را کاملاً ضروری می سازد. بررسی ماهیت سوانح رخ داده و گزارشات مربوطه آشکار می سازد که بروز سانحه اول با توجه به طراحی دستگاه شتابدهنده و تمهیدات پیشگیرانه لحاظ شده در ساخت آن غیر قابل پیش گیری بوده است. همین بررسی بر روی سوانح دوم و سوم مبین ناکارآمد بودن سیستم تضمین کیفی در بهره برداری از دستگاه شتابدهنده و در نتیجه ناکافی بودن ایمنی بهره برداری از آن می باشد. با توجه به نتایج بدست آمده، توجه به نکات زیر در بالا

بردن ضریب ایمنی بهره برداری از دستگاه های شتابدهنده کنترل بار و پیشگیری از بروز سوانح مشابه ضروری بنظر می رسد.

- ۱- تهیه دستورالعمل های اجرایی مناسب با قابلیت استفاده آسان، در انجام کلیه امور مربوط به بهره برداری از دستگاه های شتابدهنده کنترل بار
- ۲- آموزش های حین خدمت دوره ای و مناسب جهت نهادینه کردن فرهنگ پیروی دقیق از دستورالعملها و رعایت کلیه جزئیات ایمنی در بهره برداری از منابع مولد پرتو. بسیاری از مراکز تنها به آموزش های اولیه حفاظت در برابر اشعه کاربران اکتفا نموده و آموزشهای تخصصی لازم در زمینه کاربرد تجهیزات، روشهای کاری، کار گروهی و غیره را به کاربران آموزش نمی دهند.
- ۳- توجه به سوابق و شایستگی کاری افرادی که بعنوان کاربران دستگاه هائی با ضریب خطر بالا انتخاب می گردند.
- ۴- نظارت همه جانبه و پیوسته مسئول فیزیک بهداشت مرکز بر نحوه اجرای دستورالعملها و شرایط ایمنی مرکز.
- ۵- بر اساس اطلاعات تائید نشده، احتمال بسیاری وجود دارد که برخی سوانح مشابه گزارش نگردیده باشند. بایستی از طریق نظارت مستقیم از ثبت کلیه حوادث پرتوی اطمینان حاصل نمود. بررسی دقیق این سوانح عامل مهمی در کاهش موارد مشابه می باشد.
- ۶- در دو سانحه، رانندگانی از اتباع کشورهای دیگر بعد از ترک ناحیه کنترل شده بدون هماهنگی به ناحیه مورد نظر بازگشته اند. یکی از دلایل این امر می تواند عدم برقراری ارتباط کلامی لازم و تفهیم خطرات موجود به ایشان بوده باشد که در این راستا می توان از علائم هشدار تصویری، ارائه دستورالعملهای چاپ شده نکات ایمنی به چند زبان و در عین حال بسیار مختصر استفاده نمود.
- ۷- جهت کنترل تردد ناخواسته افراد به ناحیه کنترل شده می توان از سیستم های سخت افزاری مناسب مانند حسگرهائی در نواحی ورودی و خروجی ناحیه کنترل شده که ورود هر شخصی را به ناحیه کنترل شده، پیش از آغاز یا در حین پرتودهی، به سیستم های کنترلی دستگاه شتابدهنده اعلام می دارد استفاده نمود.

مراجع:



- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, Safety Series No.102, IAEA, Vienna (1990).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Security of Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1355, Vienna (2003).
- [3] ATOMIC ENERGY ORGANIZATION OF IRAN, NATIONAL RADIATION PROTECTION DEPARTMENT, Radiation Protection Act of Iran and its Regulations, AEOI, Tehran (1989).
- [4] NATIONAL RADIATION PROTECTION DEPARTEMENT, Working Instruction for Notification, Registration and Licensing, INRA-NRPD-CP, INRA, Tehran (2005).
- [5] H. CEMBER, Introduction to Health Physics, Pergamon Press, 1983