

## بررسی مهم ترین دلایل پرتوگیری های غیرعادی در پرتونگاری صنعتی

فریدون میانجی<sup>۱\*</sup>، سید مهدی حسینی پویا<sup>۲</sup>، محمدرضا دشتی پور<sup>۳</sup>، سمانه برادران<sup>۱</sup>  
<sup>۱</sup>عضو هیئت علمی پژوهشکده راکتور و ایمنی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، تهران  
<sup>۲</sup>عضو هیئت علمی پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، تهران  
<sup>۳</sup>کارشناس امور حفاظت در برابر اشعه، نظام ایمنی هسته ای کشور، سازمان انرژی اتمی، تهران  
 \*fmianji@gmail.com

### چکیده

میانگین پرتوگیری شغلی در پرتونگاری صنعتی یکی از بالاترین پرتوگیری ها در میان کاربردهای پرتوی است. پرتوگیری های بالاتر از ۴ میلی سیورت در پرتونگاری صنعتی در هر دوره دوماهه دزیمتری فردی یا در هر دوره ای کوتاه تر از آن (برای نمونه در یک عملیات پاسخ به حادثه) پرتوگیری غیرعادی شناخته می شود. بررسی انجام شده بر روی تعداد زیادی از موارد گزارش شده بر پایه پرسشنامه های تکمیل شده به وسیله پرتونگاران نشان می دهد که در بسیاری از موارد پرتونگاران دز غیرعادی ثبت شده خود را ( $> 4 \text{ mSv}$ ) تأیید نمی نمایند. در این پژوهش فراوانی دلایلی که پرتونگاران در رد دز غیر عادی ثبت شده خود عنوان نموده اند مورد بررسی قرار گرفته و پذیرفتنی بودن چنین دلایلی از دیدگاه دستورالعمل های ایمنی پرتونگاری و نیز مقررات موجود مورد تحلیل قرار گرفته است. در پایان با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهادهایی برای پیشگیری از پرتوگیری های غیر عادی در پرتونگاری صنعتی ارائه شده است.

**کلیدواژه:** پرتونگاری صنعتی، پرتوگیری غیرعادی، دستورالعمل ایمنی، حادثه

### ۱- مقدمه

است که تعداد زیاد پرتوگیری های بالا تنها در ایران رخ نمیدهد.

در گزارش مورد اشاره به دلایل بروز پرتوگیری های بالا نیز اشاره شده است. دو دلیل که بطور مشترک از دیدگاه واحد های قانونی و پرتونگاران از دلایل اصلی بروز پرتوگیری های بالا بوده اند عبارتند از:

- بی دقتی در تعیین ناحیه کنترل شده؛
- بکار نبردن درست دزیمتر محیطی.

دلایلی نیز از طرف واحدهای قانونی در این زمینه ارائه شده است که از نظر پرتونگاران دلایل اصلی نبوده اند. این دلایل بشرح زیر بوده است.

دلایل اصلی دیگر از نظر واحدهای قانونی:

- اجرا نکردن سیستم هشدار پیشگیری از ورود به ناحیه با آهنگ دز بالا؛
- آمادگی ناکافی در پاسخ به شرایط حادثه؛
- بکارنبردن درست هشدار دهنده،

و پرتونگاران سه دلیل دیگر را در همین زمینه عنوان نموده اند:

میانگین پرتوگیری در پرتونگاری صنعتی یکی از بالاترین میانگین های پرتوگیری شغلی در ایران است [۱]. این نکته در بسیاری از کشورهای دیگر نیز به همین ترتیب است. تا کنون چندین پژوهش در زمینه ارزیابی پرتوگیری شغلی به انجام رسیده و راه کارهایی نیز برای کاهش آن پیشنهاد شده است [۱ و ۲]. در سال ۲۰۱۱ پژوهشی به وسیله آژانس بین المللی انرژی اتمی برای ارزیابی وضعیت پرتوگیری های شغلی در برخی کشورها به انجام رسید که در آن تلاش گردید تا دلایل پرتوگیری های بالا یا حوادث پرتوی از دیدگاه پرتونگاران و واحد قانونی کشورها مورد بررسی قرار گیرد [۳]. بررسی مورد اشاره ۵۹ کشور را در بر می گرفت و در مجموع ۹۵ شرکت پرتونگاری و ۴۳۲ پرتونگار در مطالعه شرکت نمودند. آنچه از نتایج بدست آمده از مطالعه انجام شده دارای اهمیت است آمار پرتوگیری های شغلی سالانه بالاتر از ۵ میلی سیورت است. گزارش نشان می دهد که یک چهارم پرتونگاران شرکت کرده در این پژوهش پرتوگیری سالانه ای بین ۵ تا ۲۰ میلی سیورت داشته اند. این نشان دهنده این نکته

غیرعادی را برای شرکت پرتونگاری می فرستد که باید به وسیله پرتونگار با توضیحاتی شامل دلیل پرتوگیری غیرعادی و دز ثبت شده دوره به وسیله دزیمتر خوانش مستقیم وی پر شده و پس از تأیید مسئول فیزیک بهداشت و شخص مسئول شرکت برای واحد قانونی فرستاده شود. در این پژوهشی، در یک دوره سه ساله (۱۳۹۱ تا پایان ۱۳۹۳)، همه موارد پرتوگیری های غیرعادی از نظر دلایل عنوان شده به وسیله پرتونگاران بررسی شده اند. در مجموع ۳۳۳ مورد پرتونگاری غیر عادی از نظر کامل بودن توضیحات، دلایل عنوان شده و گزارش نمودن دز دوره ثبت شده با دزیمتر فردی خوانش مستقیم ارزیابی شد و تلاش گردید تا مشکلات موجود در روش کار پرتونگاران از تحلیل گزارش ها روشن گردد. از کل پرسشنامه ها ۱۵ مورد بدون توضیح بازگردانده شده بود بنابر این تحلیل بر روی ۳۱۸ پرسشنامه کامل انجام شد. برای رسیدن به این منظور، دلایل آورده شده به وسیله پرتونگاران در ۷ گروه دسته بندی شده است که عبارتند از:

- ۱- خرابی تجهیزات (دوربین پرتونگاری، تجهیزات جانبی، دزیمتر، ...)
- ۲- استفاده از دزیمتر ترمولومینسانس برای بیش از دو ماه
- ۳- حجم کار زیاد (در طول دوره دو ماهه)
- ۴- کار در ارتفاع
- ۵- افتادن دزیمتر ترمولومینسانس نزدیک چشمه در زمان پرتودهی
- ۶- گذاشتن دزیمتر ترمولومینسانس نزدیک دوربین در زمان جابجایی
- ۷- دز ثبت شده مورد پذیرش پرتونگار نیست و وی دلیلی برای آن ندارد

در برخی از پرسشنامه ها پرتونگاران به دو دلیل در چرائی پرتوگیری غیر عادی خود اشاره نموده بودند که در این موارد هر دو دلیل در بررسی محاسبه فراوانی دلایل در نظر گرفته شد.

- بکارنبردن درست کالیماتور؛
- درست بررسی نکردن سالم بودن تجهیزات پیش از آغاز کار پرتونگاری؛
- آگاهی کم پرتونگار از روند اجرای کار در هر مورد.

در این نوشتار وضعیت پرتوگیری های شغلی بالا در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. با ارزیابی پرسشنامه هایی که پس از هر پرتوگیری غیرعادی برای پرتونگاران فرستاده می شود، توضیح ایشان و شرکت های پرتونگاری در چرائی پرتوگیری بالای رخ داده از شرکت خواسته می شود. انجام یک بررسی فراگیر در این زمینه به واحد قانونی و نیز پرتونگاران (و شرکت ها) کمک می نماید تا با اندیشیدن در زمینه های بروز یا ثبت چنین مواردی بهتر از بروز آنها پیشگیری نمایند.

## ۲- مواد و روش ها

در پرتونگاری صنعتی ایران دزیمتر خوانش غیرمستقیم فردی از نوع ترمولومینسانس بکارگرفته می شود. پرتونگاران باید همچنین از دزیمترهای خوانش مستقیم کمکی نیز در این فعالیت استفاده نمایند تا بتوانند هم از دز دریافتی خود در هر لحظه یا در پایان روز کاری آگاهی یابند و هم احتمال اشتباه در تعیین دز دوره ای که تنها با تکیه بر دزیمتر خوانش غیر مستقیم است کاهش یابد [۴]. مهمترین دلیل به کارگیری دزیمتر خوانش مستقیم این است که چنانچه دز در یافتی فرد در طول انجام کار پرتونگاری یا در پایان روز کاری بالاتر از آستانه بررسی روزانه گردد (معمولاً ۲۰ تا ۸۰ میکروسیورت بسته به شرایط و حجم کار)، پرتونگار بتواند (و باید) نسبت به بررسی شرایط یا رخدادهایی که ممکن است موجب دریافت دز بالاتر برای وی شده است اقدام نماید. زمانی که پرتونگار دزیمتر ترمولومینسانس خود را در پایان دوره دزیمتری برای خوانش و تعیین دز دوره (دو ماهه) به شرکت خدمات دهنده دزیمتری فردی می فرستد، چنانچه دز دریافتی دوره بیش از ۴ میلی سیورت باشد، مورد به واحد قانونی گزارش می گردد. واحد قانونی برای آگاهی از دلیل چنین پرتوگیری نسبتاً زیادی پرسشنامه پرتوگیری

## ۳- نتایج و بحث

نکته موجب بالا رفتن دز دوره فرد گردد زیاد است. از نظر فراوانی دلایل ارائه شده، همانگونه که دیده می شود "افتادن دزیمر ترمولومینسانس نزدیک چشمه در زمان پرتودهی" و "کار در ارتفاع" بترتیب از فراوانی نخست و دوم برخوردار می باشند. پس از این دو، عوامل "گذاشتن دزیمر ترمولومینسانس نزدیک دوربین در زمان جابجایی"، "دز ثبت شده مورد پذیرش پرتونگار نیست و وی دلیلی برای آن ندارد" و "حجم کار زیاد" از بیشترین سهم در میان دلایل پرتوگیری های غیر عادی، البته بنابر گفته پرتونگاران و تأیید مسئولین فیزیک بهداشت آنها، برخوردارند.

فراوانی دلایل آورده شده در ۳۱۸ پرسشنامه پرتوگیری غیرعادی در جدول ۱ نمایش داده شده است. پرتونگاران در ۳۱۸ مورد پرتوگیری غیر عادی ۳۷۶ دلیل را عنوان نموده اند که نشانگر ۱/۱۸ دلیل برای هر مورد پرتوگیری غیرعادی است. میانگین "تعداد دلیل به ازای هر مورد" نزدیک به ۱ می تواند به معنی اطمینان پرتونگاران از دلیل ارائه شده باشد. از دیگر سو، این ضریب نزدیک به ۱ می تواند نشانه ای از توجه کم پرتونگاران به دلایلی که می توانسته موجب پرتوگیری زیاد ایشان بشود باشد زیرا در عملیات پرتونگاری احتمال آنکه رعایت نکردن چندین

جدول ۱: فراوانی دلایل پرتوگیری های غیر عادی بنابر ادعای پرتونگاران

دلیل	تعداد مورد ادعا شده	درصد فراوانی از کل (%)
خرابی تجهیزات	۱۶	۴/۲
استفاده از دزیمر ترمولومینسانس برای بیش از دو ماه	۹	۲/۴
حجم کار زیاد	۵۷	۱۵/۲
کار در ارتفاع	۸۶	۲۲/۳
افتادن دزیمر ترمولومینسانس نزدیک چشمه در زمان پرتودهی	۸۷	۲۳/۱
گذاشتن دزیمر ترمولومینسانس نزدیک دوربین در زمان جابجایی	۵۸	۱۵/۴
دز ثبت شده مورد پذیرش پرتونگار نیست و وی دلیلی برای آن ندارد	۶۳	۱۶/۸

شود. دوم آنکه، چرا پرتونگار پس از آگاهی از افتادن دزیمر ترمولومینسانس در نزدیکی چشمه پرتودهی آنها برای خوانش به شرکت خدمات دهنده دزیمتری فردی نمی فرستد و به بکارگیری آن تا پایان دوره دوماه ادامه می دهد. این نکته با دستورالعمل های ایمنی در پرتونگاری صنعتی همسو نیست.

کار در ارتفاع: این مورد نیز در نزدیک به یک چهارم از موارد بعنوان دلیل پرتوگیری غیر عادی آورده شده است. هرچند کار در ارتفاع می تواند دلیلی برای دشوارتر بودن شرایط کاری و حتی کمی پرتوگیری بیشتر نسبت به شرایط عادی باشد اما روشن است که آگاهی و بکار بستن روش های کاهش آهنگ دز در این زمینه (مانند استفاده از کالیما تور) می توانند بسیار چاره ساز باشند. بنابر این، فراوانی بالای این دلیل نشانه ای از کمبود آگاهی یا جدی نگرفتن روش های کار ایمن به وسیله پرتونگاران است.

گذشته از موضوع فراوانی دلایل ارائه شده، موضوعی که نیازمند توجه بیشتر است نوع دلیل و امکان پیشگیری از آن است. در اینجا به بررسی هر یک از دلایل ارائه شده از این دیدگاه پرداخته شده است.

افتادن دزیمر ترمولومینسانس نزدیک چشمه در زمان پرتودهی: هرچند ارائه این دلیل برای پرتوگیری غیرعادی در نزدیک به یک چهارم از کل موارد بیانگر واقعی نبودن پرتوگیری ها در بسیاری از موارد است اما با دو پرسش مهم در این زمینه روبرو می شویم. نخست آنکه چرا باید دزیمر فردی پرتونگار به آسانی از لباس وی جدا شده و در نزدیکی چشمه پرتونگاری بیافتد در حالی که دز زمان تنظیم نوک پرتودهی پرتونگار در حرکت نبوده یا در حال بالا یا پایین رفتن از موانع نیست. و اینکه آیا گیره بچ دزیمر فردی وی نیاز به تعمیر یا تعویض دارد. اگر چنین باشد بنظر می رسد که کنترل کیفی بچ دزیمرها نیز باید به فهرست کنترل های مورد نیاز در پرتونگاری افزوده

آنها همت گماشت. در دیگر سو، بیش از یک سوم پرتوگیری های غیر عادی ناشی از حجم بالای کار یا کار در ارتفاع قلمداد شده اند. این تائید پرتوگیری نیز نشانه ای قوی از بهینه بکار نبستن اصول کار ایمن بوسیله پرتونگاران پرتوگیری کرده است. بهر حال بر پایه توضیحات پرتونگاران، بدون در نظر گرفتن دقیق بودن دلایل ارائه شده، بیش از ۷۵٪ از پرتوگیری های غیر عادی ناشی از رعایت نکردن در ست و کامل دستورالعمل های ایمنی در پرتونگاری صنعتی بوده است و نیاز است تا شرکت های پرتونگاری با برگزاری کارگاه های آموزش حین خدمت نسبت به افزایش آگاهی و فرهنگ ایمنی پرتونگاران بویژه برای شرایط کار سخت و بلند مدت اقدام نمایند.

#### ۵- مراجع

- [1]. Kardan, M.R., Mianji, F., Rastkhah, N., Babakhani, A., Borhan Azad, S. (2006). Promoting the safety performance in industrial radiography using a quantitative assessment system. *J. Radio. Prot*, 26: pp 429-435.
- [2]. Economides, S., Tritakis, P., Papadomarkaki, E., Carinou, E., Hourdakakis, C., Kamenopoulou, V., Dimitriou, P. (2006). Occupational exposure in Greek industrial radiography laboratories (1996-2003). *Radiat. Prot. Dosim.*, 118(3): pp 260-264.
- [3]. Report on the Questionnaires on Occupational Exposure in Industrial Radiography. () Working Group on Industrial Radiography (WGIR), 2012. <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/communication-networks/orpnet/isemir-wgir.asp>.
- [4]. IAEA (2011) Radiation Safety in Industrial Radiography IAEA Safety Standards Series No. SSG-11 (Vienna: International Atomic Energy Agency).

گذشتن دزیمتر ترمولومینسانس نزدیک دوربین در زمان جابجایی: این دلیل را شاید بتوان بدترین دلیل در بین همه دلایل دانست. تقریباً در یک مورد از هر شش مورد پرتوگیری غیر عادی پرتونگاران به این دلیل استناد نموده اند. همه پرتونگاران در زمینه چگونگی نگهداری و جابجایی درست دزیمترهای فردی خود آموزش دیده اند و نهادن دزیمتر در کنار دوربین پرتونگاری در زمان جابجایی یا در محل نگهداری دوربین از نظر دستورالعمل های ایمنی در پرتونگاری کاملاً نادرست می باشد.

حجم کار زیاد: این دلیل می تواند بدرستی موجب بالاتر رفتن دز دریافتی پرتونگار گردد هر چند مانند آنچه برای "کار در ارتفاع" گفته شد روش های اجرای ایمن کار می تواند از پرتوگیری های غیر عادی حتی در این زمینه نیز پیشگیری نماید. بنابر این، روشن است که حجم کار زیاد می تواند تنها موجب اندکی افزایش در دز دریافتی پرتونگار گردد و ارتباط دادن پرتوگیری های بیش از ۴ میلی سیورت در دوره های دو ماهه به این دلیل نشانه ای از اجرا نکردن درست و کامل اصول ایمنی در کار است.

دز ثبت شده مورد پذیرش پرتونگار نیست و وی دلیلی برای آن ندارد: در ۱۶/۸٪ از موارد پرتونگاران ضمن مخالفت با دز ثبت شده بوسیله دزیمتر فردی خود از دلیل آن نا آگاه بوده اند. بنابر این این گروه می توانسته به هر یک از دلایل شش گانه دیگر یا ترکیبی از آنها پرتوگیری نموده باشد اما احتمال واقعی بودن پرتوگیری های این گروه بیشتر از غیر واقعی بودن آن است.

#### ۴- نتیجه گیری

با انجام یک بررسی فراگیر بر روی تعداد زیادی از پرتوگیری های غیر عادی در کشور بر پایه پرسشنامه های فرستاده شده برای پرتونگاران که به وسیله ایشان پر شده است به ارزیابی دلایل بروز پرتوگیری ها از دیدگاه پرتونگاران پرداخته شد. هر چند نزدیک به دو پنجم پرتوگیری های غیر عادی غیر واقعی ادعا شده اند (اگر چنین باشد موجب خوشحالی است) و دلیل آنها افتادن دزیمتر ترمولومینسانس پرتونگار در نزدیکی چشمه یا گذاشتن دزیمتر در کنار دوربین پرتونگاری در زمان جابجایی ها عنوان شده است، چنین دلایلی نشانگر بکار نبستن اصول کار ایمن در پرتونگاری است و باید به اصلاح