مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۵، شمارهٔ ۱، زمستان ۱۳۹۵

پیشینه و سیر تحولات خدمات دزیمتری فردی در ایران

منصور جعفری‌زاده[۱و۲*]، فیروزه ناظری[۲] و فریبا قشلاقی[۲]

[۱]پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.
[۲]دفتر حفاظت در برابر اشعه، مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران.
[*]تهران، خیابان کارگر شمالی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی: ۸۳۶ – ۱۴۳۹۵
پست الکترونیکی: mjafarizadeh@aeoi.org.ir

چکیده

پیشینه و روند تغییرات و تحولات خدمات دزیمتری فردی در ایران از آغاز ارائه خدمات دزیمتری فردی فیلم¬بج و TLD توسط واحد قانونی و چگونگی برون‌سپاری این خدمات در این مقاله آمده است. همچنین نتایج به‌دست آمده از مشارکت این دو روش دزیمتری فردی در برنامه دزیمتری مقایسه‌ای بین آزمایشگاهی آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (فاز یک و فاز دو) و مقایسه با استانداردهای مربوطه ارائه شده و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.تحلیل نتایج به‌دست آمده در مقایسه با استانداردهای موجود نشان می‌دهد آزمایشگاه‌های دزیمتری فیلم¬بج و TLD واحد قانونی معیارهای استانداردهای مربوطه را به‌خوبی برآورده می‌سازند و از دقت قابل قبولی برخوردارند. میانگین نسبت دز اندازه‌گیری شده به دز واقعی برای فیلم¬بج در فاز یک، ۱/۱۷ و در فاز دو، ۱/۰۳ بوده است که نشان‌دهنده بهبود نتایج در فاز دو می‌باشد.نتایج دزیمتر TLD دقت بیشتری را نسبت به فیلم‌بج نشان می‌دهد. چنانچه میانگین پاسخ در فاز یک، ۱ و در فاز دو، ۰/۹۴ می‌باشد.

کلیدواژگان:فیلم¬بج، TLD، دزیمتری، دزیمتر فردی

۱. مقدمه

در سال ۱۹۰۷ در همایش انجمن پرتو رونتگن آمریکا گزارشی ارائه شد که دارای اهمیت تاریخی است. در آن همایش، آقای واگنر که سازنده لوله تولید پرتو ایکس بود، گزارش داده است برای اینکه پرتوگیری خود را اندازه‌گیری و کنترل کند، یک قطعه فیلم عکاسی را در جیبش قرار می‌داده و هر روز پس از پایان کار فیلم را پردازش می‌کرده تا پرتوگیری احتمالی خود را ارزیابی کند. این اقدام به‌عنوان اولین تلاش برای استفاده از فیلم در دزیمتری فردی است واز دهه ۱۹۲۰ فیلم‌بج به‌عنوان دزیمتر فردی برای پایش دوره‌ای پرتوگیری شغلی کارکنان با پرتو شناخته شده است. در سال ۱۹۲۸ نیز در دومین کنگره بین‌المللی رادیولوژی، رونتگن به‌عنوان یکای اندازه‌گیری پرتو معرفی شد [۱]. در دهه ۱۹۵۰ هم‌زمان با برگزاری ششمین کنگره بین‌المللی رادیولوژی، کمیسیون

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]
[DOI: 10.22052/5.1.35]

بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه (ICRP[1]) و کمیسیون بین المللی کمیت‌ها و یکاها (ICRU[2]) تشکیل شدند. اولین پیشنهاد ICRP در زمینه یکا و مقدار پرتوگیری شغلی در سال ۱۹۵۱ منتشر شد. در این پیشنهاد، حد پرتوگیری شغلی از پرتوهای ایکس و گامای پرانرژی ۰/۳ رونتگن در هفته، پرتوهای فوتونی کم انرژی که پوست را تحت تأثیر قرار می‌دهند، ۱/۵ رونتگن در هفته و پرتو نوترون ۰/۰۳ رونتگن در هفته اعلام شده بود. در سال ۱۹۵۳، ICRU پیشنهاد کرد حدود پرتوگیری باید براساس مقدار انرژی جذب شده در بافت تعریف شود و یکای دز جذبی پرتو، راد (Rad) را معرفی کرد. در سال ۱۹۵٤، ICRP یکای رِم (Rem) را با درنظرگرفتن فاکتور وزنی پرتوها به‌عنوان دز جذبی وزن شده معرفی کرد که در سال ۱۹٦٦، معادل دز نامیده شد. برای درنظرگرفتن سهم اندام‌های بحرانی در تخمین پرتوگیری تمام بدن، در سال ۱۹۷۸ در مدرک ICRP ۲٦ کمیت معادل دز مؤثر پیشنهاد شد و حد پرتوگیری کارکنان با پرتو ۵۰ میلی‌سیورت در سال تعریف شد [۲ و ۳]. در ادامه تحولات کمیت‌های دزیمتری فردی،کمیسیون بین‌المللی کمیت‌ها و یکاها، کمیت‌های جدیدی را با نام کمیت‌های کاربردی (operational quantities) در نشریه شماره ۳۹ در سال ۱۹۸۵ معرفی کرد [٤]. کمیت‌های کاربردی دزیمتری فردی $H_p(10)$ برای دز پرتوهای پرانرژی به‌عنوان دز مؤثر، $H_p(0/07)$ برای پرتوهای کم‌انرژی و به‌عنوان دز سطحی پوست و $H_p(3)$ برای دز عدسی چشم اولین بار در سال ۱۹۹۱ میلادی از طرف کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه در نشریه شماره ٦۰ برای کاربرد در اندازه‌گیری پرتوگیری شغلی معرفی شدند [۵]. همچنین حد سالانه پرتوگیری شغلی برای تمام بدن (دز مؤثر) به ۲۰ میلی‌سیورت در سال کاهش پیدا کرد. در سال ۲۰۰۷ نیز در نشریه ICRP۱۰۳ دوباره بر اندازه‌گیری کمیت‌های جدید دزیمتری فردی تأکید شد [٦]. نتایج به‌دست آمده از خوانش دزیمترهای فردی پرتوکاران نشان‌دهنده مقادیر کمیت‌های کاربردی هستند که برای کنترل پرتوگیری شغلی با حدود دز سالانه مقایسه می‌شوند.

به‌منظور هماهنگی و ایجاد رویه یکسان در اندازه‌گیری کمیت‌های دزیمتری فردی و همچنین ارزیابی دقت دزیمتری، برنامه آزمون دزیمتری مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی توسط آژانس بین‌المللی انرژی اتمی(IAEA[3]) با مشارکت کشورهای عضو آژانس تعریف و راه‌اندازی شد. این برنامه روشی برای اعتبارسنجی نتایج دزیمتری فردی می‌باشد. پیشینه اجرای چنین آزمون‌هایی به اوایل سال ۱۹۸۰ میلادی برمی‌گردد که در آن زمان، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی برنامه آزمون دزیمتری مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی را با هدف کمک به کشورها به‌منظور همسان‌سازی نتایج و روش اندازه‌گیری کمیت‌های دزیمتری فردی آغاز و به‌صورت منطقه‌ای اجرا نمود [۷ و ۸]. این برنامه در سال ۲۰۰۷ نیز در منطقه غرب آسیا با مشارکت ایران و سایر کشورهای منطقه برگزار شد که نتایج دو نوع دزیمتر فردی فیلم¬بج و TLD مورد استفاده در ایران مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت [۹].

۲. پیشینه خدمات دزیمتری فردی در ایران

از نظر تاریخی، فعالیت‌های حفاظت در برابر اشعه در ایران به زمان تأسیس مرکز اتمی دانشگاه تهران در سال ۱۳۳۸ برمی‌گردد. این فعالیت‌ها، روزبه‌روز به مراکز پزشکی، صنعتی و پژوهشی، از جمله رآکتور تحقیقاتی تهران که در سال ۱۳٤٦ شروع به‌کار نمود،گسترش یافت.

[1] International Commission on Radiological Protection
[2] International Commission on Radiological Units
[3] International Atomic Energy Agency

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]
[DOI: 10.22052/5.1.35]

در سال ۱۳٤۱ مقداری تجهیزات دزیمتری از قبیل فیلم، بج، دانسیتومتر، ابزارهای ظهور و ثبوت، دارو و دستورالعمل کار با آن‌ها که به دانشکده پزشکی دانشگاه تهران اهدا شده بود به مرکز اتمی دانشگاه تهران انتقال یافت و خدمات دزیمتری فردی با روش فیلم‌بج در آن سال توسط مرکز اتمی دانشگاه تهران آغاز شد. در آن زمان، این خدمات به ٦۳ نفر در چهار مؤسسه ارائه می‌شد. با تأسیس سازمان انرژی اتمی ایران در سال ۱۳۵۳ و انتقال مرکز اتمی دانشگاه تهران به این سازمان، مسئولیت ارائه خدمات دزیمتری فردی نیز به امور حفاظت در برابر اشعه سازمان واگذار شد. در سال ۱۳۵۵ نیز آزمایشگاه دزیمتری TLD راه‌اندازی شد و دستگاه‌های اتوماتیک و دستیِ خوانش کارت و بلورTLD خریداری شد. این تجهیزات بیشتر در فعالیت‌های پژوهشی مورد استفاده قرار می‌گرفت [۱۰، ۱۱ و ۱۲]. از آن زمان، تعداد پرتوکاران و مراکز کار با پرتو در گروه‌های شغلی مختلف، نظیر پرتونگاری صنعتی، پرتوتشخیصی، پرتودرمانی و غیره به‌تدریج رو به گسترش نهاد. به‌خصوص اینکه با تصویب قانون حفاظت در برابر اشعه در سال ۱۳٦۸، استفاده از این خدمات برای همه مراکز کار با پرتو الزامی شد. مسئولت ارائه خدمات دزیمتری فردی در سازمان همواره به عهده امور حفاظت در برابر اشعه که یکی از واحدهای زیر مجموعه مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور (واحد قانونی) در سازمان انرژی اتمی ایران می‌باشد، بوده است. تا سال ۱۳۷۹ همه پرتوکاران درگروه‌های شغلی مختلف، خدمات دزیمتری فردی فیلم‌بج را از طرف واحد قانونی دریافت می‌کردند. با توجه به محدودیت‌های فیلم‌بج در دزهای زیاد که منجر به سیاه شدن فیلم می‌شود و ارزیابی دز را مشکل می‌سازد و از طرفی فرآیند زمان‌بر و پیچیده ظهور و ثبوت که در سوانح پرتوی، سرعت ارزیابی دز و گزارش‌دهی به‌موقع را کند می‌کند، درسال ۱۳۷۹ واحد قانونی تصویب کرد مراکز پرتونگاری صنعتی به‌جای فیلم‌بج از خدمات دزیمتری فردی با روشTLD استفاده نمایند. در همان سال، ارائه این خدمات برای اولین بار به مراکز پرتونگاری صنعتی با استفاده از کارت‌های دو بلوری LiF:Mg,Ti به‌صورت رسمی آغاز شد. هر دو خدمات دزیمتری فیلم‌بج و TLD تا سال ۱۳۸٦ به‌صورت متمرکز توسط واحد قانونی به مراکز کار با پرتو ارائه می‌شد. در این سال، با هدف گسترش مراکز ارئه‌دهنده خدمات در سطح کشور، واحد قانونی تصویب کرد که این خدمات به هردو روش فیلم‌بج و TLD برون‌سپاری شوند. نسخه ابتدایی ضوابط دریافت پروانه برای ارائه خدمات دزیمتری فردی در مرداد ماه ۱۳۸۵ تهیه و تصویب شد که تا این زمان ویرایش پنجم آن در اردیبهشت سال ۱۳۹۳ تصویب و به اجرا در آمده است. بر اساس این ضوابط، چندین مرکز خصوصی و دولتی متقاضی ارائه خدمات، پروانه دریافت کرده‌اند و رسماً خدمات مورد تأیید واحد قانونی را ارائه می‌دهند. تاکنون، نزدیک به پنج مرکز دولتی و خصوصی در سطح کشور این خدمات را با استفاده از فیلم‌بج و TLD ارائه می‌دهند. نتایج دزیمتری فردی که در مراکز ارائه خدمات تولید می‌شود به‌صورت دوره‌ای به بانک اطلاعات واحد قانونی انتقال داده می‌شود. واحد قانونی از طریق بازرسی‌های دوره‌ای و اجرای برنامه دزیمتری مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی بر مراکز ارائه خدمات دزیمتری فردی نظارت می‌کند. همچنین مدیریت، نگهداری و به‌روزآوری بانک اطلاعات پرتوگیری شغلی پرتوکاران را بر عهده دارد [۱۳].

۳. آزمون مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی کمیت‌های دزیمتری فردی

اعتبار خدمات دزیمتری فردی که از طرف یک مرکز صلاحیت‌دار دارای پروانه از واحد قانونی ارائه می‌شود، به خصوصیات فنی سیستم دزیمتری، آموزش و تجربه کارکنان

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]

[DOI: 10.22052/5.1.35]

مرکز، چگونگی انجام کالیبراسیون و برنامه تضمین کیفیت در فرآیند دزیمتری بستگی دارد.

آزمایشگاه‌های ارائه‌دهنده خدمات دزیمتری فردی از طریق شرکت در آزمون مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی که در سطح ملی، منطقه‌ای و یا بین‌المللی برگزار می‌شود می‌توانند دقت نتایج دزیمتری فردی را در مقایسه با استانداردهای موجود مورد ارزیابی قرار دهند. در این آزمون، از آزمایشگاه‌های شرکت‌کننده درخواست می‌شود تا تعدادی دزیمتر فردی را آماده‌سازی کنند و به مجری آزمون ارسال نمایند. دزیمترها در میدان‌های پرتوی با انرژی‌های مختلف در مقدارهای معین پرتودهی و به آزمایشگاه‌ها ارسال می‌شوند. آزمایشگاه‌ها باید دزیمترها را خوانش کنند و نتایج دز ارزیابی شده را به مجری آزمون ارسال نمایند. این نتایج باید با استاندارد الزامات کارکردی دزیمترهای فردی تطبیق کنند و در محدوده نمودار شیپوری مربوط به آن‌ها قرار گیرند. در آخر، جمع‌بندی مقایسه مقدار دز داده شده توسط مجری و دزهای ارزیابی شده توسط آزمایشگاه به‌همراه نمودارهای شیپوری نتایج برای آزمایشگاه ارسال می‌شود.

مبنای اجرای آزمون مقایسه‌ای، راهنمای ایمنی IAEARS-1.3G [۱۴]، استانداردهای پایه ایمنی بین‌المللی، بخش سوم [۱۵] و الزامات استاندارد آزمایشگاه‌های اندازه‌گیری ۱۷۰۲۵ ISO/IEC [۱۶] است که اجرای برنامه آزمون مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی را در چهارچوب برنامه تضمین کیفیت آزمایشگاه ضروری می‌سازد. در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴، آژانس بین‌المللی انرژی اتمی آزمون دزیمتری بین‌آزمایشگاهی را برای آزمایشگاه‌های خدمات دزیمتری فردی در منطقه غرب آسیا برای اندازه‌گیری کمیت $H_p(10)$ در میدان‌های فوتونی اجرا نمود. در این آزمون ۱۲ کشور از جمله ایران شرکت داشتند [۹]. نتیجه شرکت دراین آزمون در این مقاله ارائه و مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

٤. استاندارد الزامات کارکردی دزیمتر فردی

کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر اشعه (ICRP) [۵ و ٦] و استاندارد RS-G-1.3 [۱٤]، آستانه ثبت[1] دز را ۰/۱ حد دز سالانه متناظر با بازه زمانی دوره دزیمتری تعریف کرده است. بنابراین، چنانچه دوره دزیمتری یک ماهه باشد با در نظر گرفتن حد دز سالانه ۲۰ mSv برای کمیت $H_p(10)$، آستانه ثبت برابر ۰/۱۶۷ mSv = ۱۲ ÷ (۲۰ mSv ×۰/۱) است. این بدین معنی است که عدم قطعیت مطلق به اندازه ۰/۱ mSv± برای دوره دزیمتری یک ماهه قابل قبول است و یک الزام واقع‌بینانه برای عدم قطعیت در اندازه‌گیری دزهای کوچک‌تر از حد دز سالانه است. ICRP، عدم قطعیت قابل قبول در دزیمتری فردی را در دو سطح دز ارائه می‌دهد:

الف) در دزهای نزدیک به حد دز، عدم قطعیت ۱/۵ برابر بزرگ‌تر یا کوچک‌تر قابل قبول است.

ب) در دزهای نزدیک به آستانه ثبت، عدم قطعیت به اندازه ۱۰۰٪ ± قابل قبول است.

این فرمول‌بندی برای عدم قطعیت منجر به یک تابع پله‌ای می‌شود که لازم است هموارسازی برای آن انجام شود. برای این منظور، عدم قطعیت قابل‌قبول در دزهای بین حد دز سالانه و آستانه ثبت، باید در نظر گرفته شود. ضریب دو در هرجهت برای دزهای حدود یک پنجم حد دز سالانه پیشنهاد شده است. بر این اساس بازه دقت قابل‌قبول به‌صورت نمودار هموار شده و تابعی از سطح دز است که فرمول‌بندی آن در زیر آمده است.

$$R_{ul} = 1.5\{1 + \frac{H_{p0}}{2H_{p0} + H_{pw}}\}$$
$$R_{ll} = 0 \qquad \text{برای } H_{pw} < H_{p0} \qquad (۱)$$
$$R_{ll} = \frac{1}{1.5}\{1 - \frac{2H_{p0}}{H_{p0} + H_{pw}}\} \qquad \text{برای } H_{pw} \geq H_{p0}$$

[1] recording level

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]

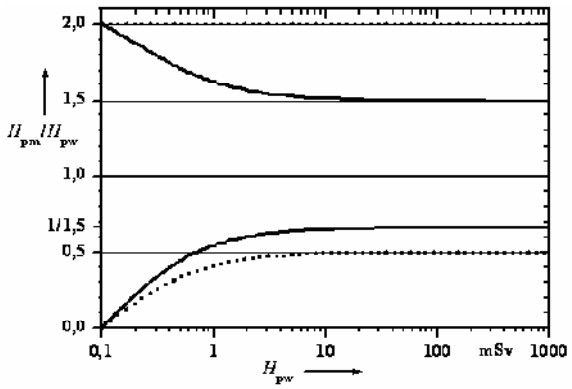
[DOI: 10.22052/5.1.35]

که در آن R_{ul} حد بالایی عدم قطعیت، R_{ll} حد پایین عدم قطعیت، H_{pw} مقدار دز واقعی قراردادی و H_{p0} کمینه دزی است (۰/۱mSv)که باید اندازه‌گیری شود.

مقدار نسبت پاسخ دزیمتر فردی H_{pm} به مقدار دز واقعی قراردادی H_{pw}، (H_{pw}/H_{pm}) باید کوچک‌تر از حد بالا و بزرگ‌تر از حد پایین عدم قطعیت باشد و در رابطه زیر صدق کند:

$$\frac{1}{1.5}\{1-\frac{2Hp0}{Hp0+Hpw}\} \le \frac{Hpm}{Hpw} \le 1.5\{1+\frac{Hp0}{2Hp0+Hpw}\} \quad (۲)$$

چنانچه فرمول‌های رابطه‌ی ۱ بر حسب دز رسم شود، نمودار شیپوری مانند شکل ۱ به‌دست می‌آید. مقادیر نسبت پاسخ دزیمتر به دز واقعی در صورتی‌که بین دو خط سیاه رنگ قرار گیرد، نتایج دزیمتری فردی از دقت قابل قبول برخوردار است و هرچه به خط میانی نزدیک‌تر باشد دقت بالاتر است.



شکل(۱): نمودار نسبت (H_{pw}/H_{pm}) به‌عنوان تابعی از دز واقعی قراردادی H_{pw}، با در نظر گرفتن H_{p0}=۰/۱ mSv، خط سیاه پیوسته.

۵. نتیجه برنامه دزیمتری مقایسه‌ای بین‌آزمایشگاهی منطقه غرب آسیا

دو نوع دزیمتر فردی فیلم‌بج و TLD که در مراکز کار با پرتو در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند، در این برنامه با معیارهای استاندارد بین‌المللی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. این برنامه با دو هدف اصلی زیر در منطقه غرب آسیا انجام شده است:

الف) ارزیابی قابلیت‌های مراکز خدمات دهنده برای اندازه‌گیری کمیت‌های کاربردی دزیمتری فردی نظیر $H_p(10)$ در میدان‌های استاندارد پرتو.

ب) کمک و ارائه راهنمایی‌های لازم به مراکز ارائه‌دهنده خدمات برای ارائه خدمات دزیمتری دقیق و رشد سطح کیفی آن.

برنامه آزمون مقایسه‌ای در دو فاز انجام شد و پرتودهی‌ها در دو آزمایشگاه دزیمتری استاندارد ثانویه زیر نظر آژانس بین‌المللی انرژی اتمی انجام شده است.

۱.۵. فاز یک: پرتودهی در میدان تک انرژی

یازده شرایط پرتودهی مختلف در این فاز استفاده شده است. پرتودهی دزیمترها روی فانتوم تخت (پلکسی‌گلاس به ابعاد cm^3 ۱۵×۳۰×۳۰) و در میدان پرتوهای موازی برای بررسی بستگی پاسخ دزیمترها به انرژی پرتو، زاویه پرتودهی و خطی بودن پاسخ انجام شده است. از میدان‌های فوتون تک انرژی ایکس-۸۰، ایکس ۳۰۰ و گامای سزیم-۱۳۷ ۶۶۲ کیلو-ولت، (سری W و سری S استاندارد ISO) [۱۷] در زاویه‌های پرتودهی ۰، ۳۰ و ۶۰ درجه برای پرتودهی استفاده شده است. دزیمترها ابتدا به آژانس ارسال شده‌اند و پس از پرتودهی برای انجام فرآیند خوانش و استخراج نتایج به آزمایشگاه‌های شرکت‌کننده در آزمون ارسال شده‌اند.

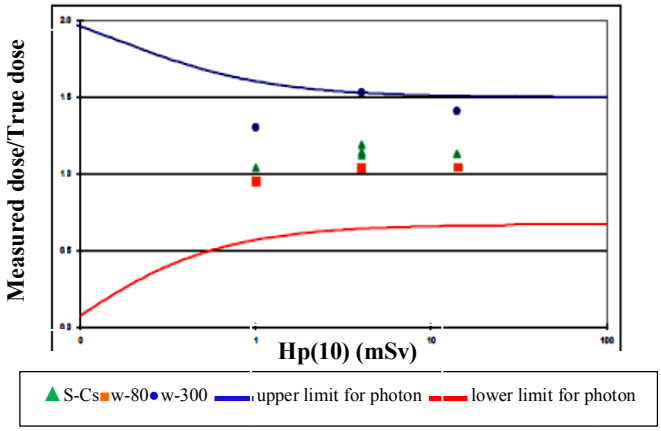
نتایج به‌دست آمده برای دزیمترهای فردی فیلم‌بج و TLD در فاز یک، به‌ترتیب در نمودارهای شیپوری شکل ۲ و شکل ۳ برای مقایسه با معیارهای استاندارد ایمنی [۱۴] رسم شده‌اند.

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]

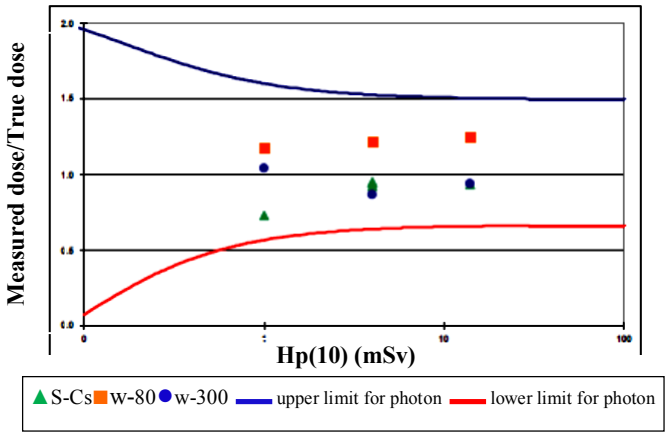
[DOI: 10.22052/5.1.35]

۲.۵. فاز دو: پرتودهی در انرژی‌های ترکیبی و به‌صورت چرخشی

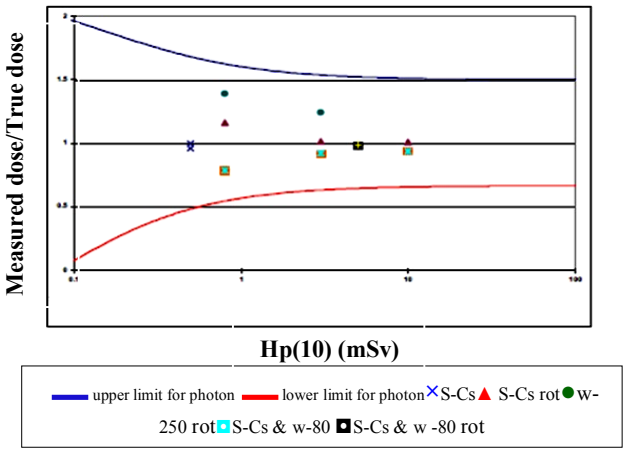
در فاز دو دوازده شرایط پرتودهی مختلف استفاده شده است. مشابه فاز یک، پرتودهی روی فانتوم تخت و در میدان فوتون تک انرژی ایکس ۸۰، ایکس ۲۵۰ و گامای سزیم – ۱۳۷، ۶۶۲ کیلوولت، (سری W و سری S استاندارد ISO) [۱۷] انجام شده است. پرتودهی هم به‌صورت تک انرژی و هم ترکیبی از چند انرژی انجام شده است. همچنین برای شبیه‌سازی شرایط واقعی پرتوگیری در محل کار، دزیمترها در زاویه صفر درجه و به صورت ترکیبی در چند زاویه پرتودهی شده‌اند. نتایج به‌دست آمده برای دزیمترهای فردی فیلم‌بج و TLD در فاز دو، به‌ترتیب در نمودارهای شیپوری شکل ٤ و شکل ٥ برای مقایسه با معیارهای استاندارد ایمنی رسم شده‌اند.



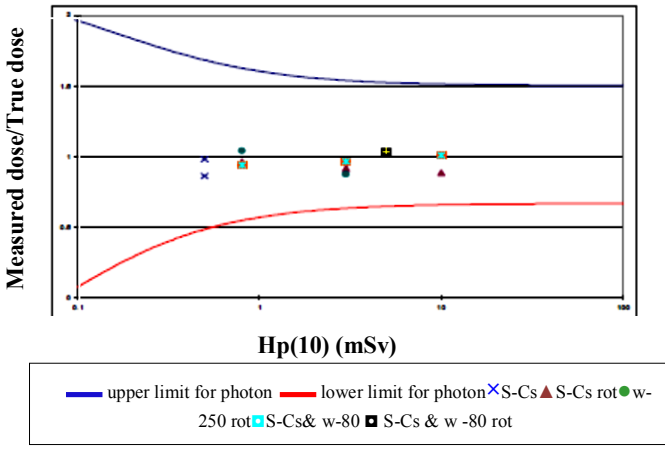
شکل (۲): نتایج دزیمتر فردی فیلم‌بج فاز یک در مقایسه با نمودار شیپوری.



شکل(۳): نتایج دزیمتر فردی TLD فاز یک در مقایسه با نمودار شیپوری.



شکل (٤): نتایج دزیمتر فردی فیلم‌بج فاز دو در مقایسه با نمودار شیپوری.



شکل (٥): نتایج دزیمتر فردی TLD فاز دو در مقایسه با نمودار شیپوری.

٦. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به شکل‌های ۲ و ٤ ملاحظه می‌شود که نتایج دزیمتری فیلم‌بج در فاز یک و فاز دو در محدوده دقت قابل قبول قرار گرفته است. ضمن آنکه نتایج به‌دست آمده در فاز دو نسبت به فاز یک دقت بالاتری را نشان می‌دهد، به این دلیل که در فاز یک یکی از نقاط روی مرز بالایی نمودار واقع شده در صورتی‌که در فاز دو هیچ نقطه‌ای روی مرز نمودار واقع

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]
[DOI: 10.22052/5.1.35]

نشده است. میانگین نسبت دز اندازه‌گیری شده به دز واقعی برای فیلم‌بج در فاز یک، ۱/۱۷ بوده است و در فاز دو، ۱/۰۳ بوده است که نشان‌دهنده بهبود نتایج در فاز دو است. اکثر نتایج به‌دست آمده برای فیلم‌بج در این آزمون در محدوده دقت قابل قبول قرار گرفته است. البته به دلیل اینکه فیلم معادل بافت نیست (دارای عدد اتمی مؤثر AgBr: ۱۲/۳ در مقایسه با عدد اتمی مؤثر بافت ۷/٤)، در انرژی‌های ایکس کم‌انرژی به‌دلیل غالب بودن اثر فوتوالکتریک به ازای دز واحد پاسخ بیش‌تری می‌دهد که منجر به تخمین بالاتر دز می‌شود و لازم است پاسخ نسبت به انرژی پرتو تصحیح شود. با نگاه کلی به نتایج به‌دست آمده، دقت دزیمتری فیلم‌بج در آزمایشگاه واحد قانونی در گستره قابل قبول قرار دارد.

شکل‌های ۳ و ۵ نشان‌دهنده نتایج دزیمتری TLD در فازهای یک و دو است. چنانچه مشاهده می‌شود نتایج به‌دست آمده از دقت بالایی برخوردار است. میانگین پاسخ در فاز یک، ۱ و در فاز دو، ۰/۹٤ است. هیچکدام از نقاط روی مرز یا خارج از نمودار شیپوری قرار نگرفته‌اند. دزیمترهای TLD به‌کار رفته در این آزمون از نوع LiF:Mg,Ti بودند و این دزیمتر با عدد اتمی مؤثر ۸/۲ نزدیک به بافت بدن است و در انرژی‌های پرتوتشخیصی در دزیمتری فردی نیاز به تصحیح پاسخ برای انرژی پرتو ندارند.

به‌طور کلی، بر اساس استاندارد ایمنی RS-G-1.3 [۱٤]، برای یک گروه بزرگ از پرتوکاران که به‌صورت مستمر و دوره‌ای دزیمتر فردی استفاده می‌کنند، ۹۵٪ از گزارش‌های پرتوگیری سالانه باید در بازه قابل قبول عدم قطعیت (داخل نمودار شیپوری) قرار داشته باشد و نباید خارج از بازه ۳۳٪- تا ۵۰٪+ مقادیر حد دز قرار داشته باشد. با در نظر گرفتن نتایج به‌دست آمده برای فیلم‌بج و TLD، و از طرفی توجه به فرآیندهای استخراج نتیجه در این دو روش دزیمتری، مشاهده می‌شود. نتایج مربوط به TLD الزامات استاندارد دزیمتری فردی را با خطای کمتر و به‌صورت بهتری برآورده نموده است. دلایل این امر می‌تواند ناشی از فرآیند ساده‌تر و غیرپیچیده آن در مقایسه با فرآیندهای ظهور و ثبوت در فیلم‌بج باشد. همچنین عدد اتمی مؤثر TLD نظیر LiF;Mg,Ti، ۸/۲ است که نزدیک به بافت بدن است. در نتیجه در دزیمتری با روش TLD در صورتی‌که دزیمتر معادل بافت بدن انتخاب شود نیاز به تصحیح پاسخ برای انرژی پرتو نیست که این نیز یک امتیاز برای این روش دزیمتری به حساب می‌آید.

۷. مراجع

[1] Health Physics: A Backward Glance, R. Kathren and P. Ziemer (Editors). Pergamon Press, (1980).

[2] H. Smith. The international commission on radiological protection: historical overview, IAEA Bulletin 3, (1988).

[3] R.H. Clark and J. Valentin. The history of ICRP and the evolution of its policies, ICRP-109, Annals of ICRP, (2008).

[4] ICRU 39, Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources (1985).

[5] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60, (1991).

[6] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103, (2007).

[7] IAEA – TECDOC – 1126, Intercomparison for individual monitoring of external exposure from photon radiation, (1999).

[8] H. Murakami, K. Minami and R.V. Griffith. Results of the IAEA/RCA Personal Dosemeter Intercomparison in the Asian and Pacific Region, Radiat Prot Dosimetry 54 (1): 19-23, (1994).

[9] IAEA-TECDOC-CD-1567, Intercomparison of Measurements of Personal Dose Equivalent Hp(10) in Photon Fields in the West Asia Region, (2007).

[10] M. Sohrabi. The state of radiation protection in Iran, irpa7, cdrom, vol.2, (1988).

[11] R. Abedinzadeh, H. Parnianpour. Radiation Protection in Iran, Iranian J. Publ. Hlth, no.14, Vol.9, (1980).

[12] Internal report of national radiation protection of Iran, (in Persian), (1979).

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]

[DOI: 10.22052/5.1.35]

[13] M. Jafarizadeh et al. Occupational dose assessment and national dose registry system in Iran, vol.144, No. 1-4, pp. 52-55, (2011), Radiation Protection Dosimetry.

[14] IAEA safety guide: assessment of occupational exposure due to external sources of radiation, safety guide RS-G-1.3, (1999).

[15] IAEA safety standards, General Safety Requirements Part 3No. GSR Part 3: International Basic Safety Standards, (2011).

[16] General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO/IEC 17025, (2005).

[17] ISO 4037-1: X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doseratemeters and for determining their respose as a function of photon energy part1:radiation characteristics and production methods, (1996).

[Downloaded from rsm.kashanu.ac.ir on 2022-08-12]

[DOI: 10.22052/5.1.35]