



## محاسبه منابع موثر در عدم قطعیت سیستم دزیمتری فردی با دزیمتر ترمولومینسانس (TLD)

زارع اشرفی، مجتبی<sup>(۱)</sup> - خاجوک، احمد<sup>(۲)</sup> \* - دهقان، سید اصغر<sup>(۳)</sup>

سازمان انرژی اتمی، مجتمع تولیدی شهید رضایی نژاد، یزد، اردکان

### چکیده:

مجموع عدم قطعیت یک سیستم دزیمتری از ترکیب دونوع عدم قطعیت نوع A یا تصادفی (random) و نوع B یا سیستماتیک (Systematic) تعیین می شود. منابع عدم قطعیت نوع A در سیستم دزیمتر فردی غیر یکنواختی حساسیت دزیمترها، تغییر پذیری در شمارش دزیمتر فردی به دلیل حساسیت محدود و زمینه، تغییر پذیری پاسخ دزیمتر در دز صفر می باشد. منابع عدم قطعیت نوع B در سیستم دزیمتر فردی عدم قطعیت وابستگی پاسخ دزیمتر به انرژی تابشی، وابستگی پاسخ دزیمتر به زاویه تابشی، غیر خطی بودن پاسخ دزیمتر، محو شدگی، اثرات ناشی از نور محیطی، اثرات شوک مکانیکی و اثرات خطای کالیبراسیون می باشد.

کلمات کلیدی: عدم قطعیت، TLD، قرائت گر مدل ۷۲۰۰

### مقدمه:

انجام دزیمتری فردی به روش دزیمترهای فردی ترمولومینسانس TLD یکی از روشهای دقیق برای اندازه گیری میزان دز دریافتی افراد در هنگام انجام کار با منابع پرتوزا می باشد. در آزمایشگاه دزیمتر فردی مجتمع شهید رضایی نژاد از دستگاه قرائتگر TLD Reader 7200 ساخت کشور ایران و TLD مدل MTS-100, 2 element با کد (0110) ساخت شرکت RadCard لهستان استفاده می گردد. TLD های مذکور دارای دو کریستال بوده که به ترتیب کمیتهای  $H_p(10)$  و  $H_p(0.07)$  را اندازه گیری می نماید. گزارش هر کمیت قابل اندازه گیری در هر نوع اندازه گیری بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت سیستم فاقد ارزش می باشد، لذا بدین منظور محاسبه عدم قطعیت در دزیمتری با سطح اطمینان قابل قبول از اهمیت قابل توجهی برخوردار می باشد. بر اساس سند RSG-1.3 مقدار عدم قطعیت قابل قبول در محاسبات دز باید کمتر از ۴۲ درصد باشد که بر اساس محاسبات انجام شده در آزمایشگاه دزیمتری فردی مجتمع شهید رضایی نژاد این مقدار کمتر از ۱۵ درصد با سطح اطمینان ۶۸ درصد و در حدود ۲۸,۵ درصد با سطح اطمینان ۹۵ درصد می باشد.

۱- روش کار:



دزیومتر TLD از دو قسمت کارت حاوی کریستالهای TLD و بچ یا قاب تشکیل شده است. جنس کریستال های دزیومتر فردی مدل MTS-100 از جنس (LiF:Mg,Ti) می باشد که بر روی دو موقعیت بر روی TLD قرار گرفته است و با استفاده از دزیومترهای معادل بافت و قرار دادن فیلترهای مناسب کمیت های دزیومتری فردی مانند دز مؤثر و دز پوست اندازه گیری می شود. شایان ذکر است که برای پرتو دهی در دزهای مختلف مورد نیاز جهت انجام محاسبات، دزیومترهای فردی بر روی فانتوم در فواصل یک متری و دو متری از چشمه (سزیم و کبالت) قرار داده شده و بر اساس آهنگ دز در این فواصل مدت زمان پرتو دهی انتخاب شده است.

۲-۱- انواع عدم قطعیت و روابط مربوط به آن:

مجموع عدم قطعیت یک سیستم دزیومتری از ترکیب دونوع عدم قطعیت نوع A، تصادفی (random) و نوع B سیستماتیک (Ststematic) تعیین می شوند [۲].

۲-۲- عدم قطعیت نوع A:

این نوع عدم قطعیت با استفاده از آنالیز آماری روی نتایج گزارشات برآورد می شود و با انجام تکنیک های آماری به حداقل مقدار می رسد. رابطه ی کلی عدم قطعیت نوع A عبارتست از:

$$U_A = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}$$

۲-۳- عدم قطعیت نوع B:

عدم قطعیت نوع B با توزیع احتمالی مستطیلی و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$U_{R_i} = \frac{a_i}{r}$$

که در آن  $a_i$  نیم پهنای بازه اندازه گیری، نصف تفاضل بیشترین و کمترین مقدار اندازه گیری می باشد. عدم قطعیت کل

نوع B از مجموع مربعات  $U_{R_i}$  و از رابطه زیر بدست می آید [۲].

$$U_B = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_{B,i}^2}$$

۲-۴- عدم قطعیت کل یا نوع C:

از جمع عدم قطعیت نوع A و نوع B عدم قطعیت کل یا نوع C بدست می آید. [۲].

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$



$$U_c = \sqrt{U_A^2 + (1/3)(\sum a_i)^2}$$

۲-۵- منابع عدم قطعیت نوع A در سیستم دزیتر فردی:

منابع عدم قطعیت نوع A در سیستم دزیتر فردی غیر یکنواختی حساسیت دزیترها، تغییر پذیری در شمارش دزیتر فردی به دلیل حساسیت محدود و زمینه و تغییر پذیری پاسخ دزیتر در دز صفر می باشد [۲].

۲-۵-۱- روش محاسبه عدم قطعیت غیر یکنواختی حساسیت دزیترها:

به منظور محاسبه عدم قطعیت حساسیت دزیترها، ابتدا می‌بایست انحراف معیار  $ECC^1$  محاسبه شود، سپس میانگین گیری گردد. انحراف معیار ECC نسبت به میزان میانگین آن به عنوان عدم قطعیت غیر یکنواختی حساسیت دزیترها در نظر گرفته می‌شود

$$U_{ECC} = \frac{\sigma_{ECC}}{\sqrt{n}} = \frac{\sigma_{ECC}}{\sqrt{n}}$$

لازم به ذکر است که n تعداد دزیترها می باشد [۳].

۲-۵-۲- تغییر پذیری پاسخ دزیتر در دز صفر:

به منظور محاسبه عدم قطعیت تغییر پذیری پاسخ دزیتر در دز صفر ابتدا می‌بایست تعداد ۱۱ عدد دزیتر که پرتو دهی نشده را قرائت کنیم، نتایج آن را به عنوان شمارش قرائت صفر در نظر می‌گیریم، سپس انحراف معیار و میانگین آنها محاسبه می‌شود. انحراف معیار قرائت صفر نسبت به میزان میانگین آن به عنوان عدم قطعیت تغییر پذیری پاسخ دزیتر در دز صفر در نظر گرفته می‌شود [۳].

$$U_{TL_0} = \frac{\sigma_{TL_0}}{\sqrt{n}} = \frac{\sigma_{TL_0}}{\sqrt{n}}$$

۲-۶- منابع عدم قطعیت نوع B در سیستم دزیتر فردی:

منابع این نوع عدم قطعیت وابستگی پاسخ دزیتر به انرژی تابشی، وابستگی پاسخ دزیتر به زاویه تابشی، غیر خطی بودن پاسخ دزیتر، محو شدگی، اثرات ناشی از نور محیطی، اثرات شوک مکانیکی و اثرات خطای کالیبراسیون می باشد [۲].



#### ۲-۶-۱- عدم قطعیت وابستگی پاسخ دزیمتر به انرژی تابشی:

در این آزمون تعداد ۶ عدد دزیمتر (با دو چشمه متفاوت) که درون بیج و از قبل در آزمایشگاه استاندارد ثانویه در انرژی مشخص (5mSv)، با دو چشمه Cs-137 و CO-60 بر روی فانتوم پرتودهی می شود. سپس نسبت میانگین TL به دز داده شده را در هر چشمه محاسبه می شود. نسبت نیم پهنای میانگین مقادیر TL به دز در دو چشمه به میانگین آنها برابر عدم قطعیت بستگی پاسخ دزیمتر به انرژی می باشد [۳].

#### ۲-۶-۲- عدم قطعیت وابستگی پاسخ دزیمتر به زاویه تابشی:

در این آزمون تعداد ۱۲ عدد دزیمتر که درون بیج و از قبل در آزمایشگاه استاندارد ثانویه در میزان دز مشخص (5mSv) با چشمه Cs-137 تحت زوایای صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درجه بر روی فانتوم پرتودهی شده اند (در هر زاویه سه عدد دزیمتر) قرائت می شوند. سپس نسبت میانگین TL به دز داده شده را در هر زاویه محاسبه می شود. نسبت نیم پهنای میانگین مقادیر TL به دز، در پنج زاویه به میانگین آنها برابر عدم قطعیت بستگی پاسخ دزیمتر به زاویه تابشی می باشد [۳].

#### ۲-۶-۳- عدم قطعیت وابستگی غیرخطی بودن پاسخ دزیمتر:

برای محاسبه این عدم قطعیت، پاسخ های دزیمترهای پرتودهی داده شده در ۶ گروه مرجع را، که در دزهای 2، 5، 10، 20، 50، 100 میلی سیورت پرتودهی شده اند دسته بندی می کنیم. در هر گروه پرتودهی تعداد ۵ دزیمتر. سپس نسبت میانگین TL به دز داده شده در هر مقدار دز محاسبه می شود. نسبت نیم پهنای مقادیر TL به دز، در ۶ دز مختلف به میانگین آنها برابر عدم قطعیت غیر خطی بودن پاسخ دزیمتر می باشد [۳].

#### ۲-۶-۴- عدم قطعیت محو شدگی:

تعداد ۶ عدد دزیمتر را به میزان ۳ میلی سیورت پرتودهی کردیم، دزیمترها را به دو دسته سه تایی تقسیم کرده و یک دسته را ۲۴ ساعت بعد از پرتودهی قرائت نمودیم (نوبت اول). دسته دوم را به میزان ۲۵ روز به مکانی دور از پرتو می گذاریم سپس تحت شرایط یکسان با دسته اول قرائت می کنیم. نسبت نیم پهنای میانگین مقادیر TL دو دسته به مقدار متوسط برابر عدم قطعیت محو شدگی پاسخ دزیمتر می باشد [۳].

#### ۲-۶-۵- عدم قطعیت اثرنور:

تعداد ۱۰ عدد دزیمتر را پس از پرتودهی به میزان ۵ میلی سیورت به دو دسته پنج تایی تقسیم کرده، دسته اول را به مدت یک هفته در مکانی تاریک قرار می دهیم و دسته دوم را نیز بر اساس استاندارد به مدت یک هفته در معرض لامپ مهتابی ۳۰ وات قرار می دهیم. پس از یک هفته هر دو دسته را تحت شرایط یکسان قرائت می کنیم. نسبت نیم پهنای میانگین مقادیر TL دو دسته به مقدار متوسط، برابر عدم قطعیت اثر نور بر پاسخ دزیمتر می باشد [۳].



### ۲-۶-۶- عدم قطعیت تغییرات در زمینه:

تعداد ۷ عدد دزیومتر را صفر کرده و به مدت دو ماه در محلی دور از پرتو نگه داشته و سپس دزیومترها را قرائت کرده و پاسخ قرائتگر (TL) برای هر دزیومتر ثبت می شود. با توجه به اینکه مقادیر دز زمینه ثبت شده کمتر از حد آستانه گزارش دهی می باشد، عدم قطعیت در زمینه صفر در نظر گرفته می شود [۳].

### ۲-۶-۷- عدم قطعیت کالیبراسیون:

عدم قطعیت آزمایشگاه کالیبراسیون SSDL برابر با ۲,۵ درصد می باشد [۳].

### ۳- نتایج:

جدول ۱: میزان عدم قطعیت اندازه گیری شده در دزیومترهای فردی TLD

ردیف	نوع عدم قطعیت	نام عدم قطعیت	$U(H_p(10))\%$
1	TYPE A	عدم قطعیت ECC	0.39
2		تغییرات دز صفر	12.21
3	TYPE B	بستگی انرژی	0.98
4		بستگی زاویه ای	4.33
5		خطی بودن	11.5
6		محوشدگی	0.97
7		اثر نور	1.81
۸		تغییرات در زمینه	0
۹		کالیبراسیون	2.5

برای محاسبه عدم قطعیت کل داریم:

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$



$$U_C = \sqrt{U_A^2 + (1/3)(\sum_i a_i)^2}$$

عدم قطعیت کل برای کمیت عملکردی  $H_p(10)$  برابر:

$$U_B = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_{B,i}^2} = \sqrt{\frac{1}{3}[(0.98)^2 + (4.33)^2 + (11.5)^2 + (0.97)^2 + (1.81)^2 + (2.5)^2]} = \sqrt{55}$$

$$U_A = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_{A,i}^2} = \sqrt{(0.39)^2 + (12.21)^2} = \sqrt{149.32}$$

$$U_c = \sqrt{55+149} = \sqrt{204} = 14.3 \%$$

#### ۴- بحث و نتیجه گیری :

در این مقاله ضمن تشریح خلاصه ای از روش انجام برخی از آزمون های نوعی و محاسبه عدم قطعیت آنها در دزیمتری فردی با توجه به استاندارد (2012) IEC62387 میزان نسبی پاسخ بدست آمده سیستم دزیمتری مورد مطالعه قرارگرفت و نتایج محاسبات عدم قطعیت مربوط به منابع ذکر شده (مانند: عدم قطعیت ECC، تغییرات دز صفر، بستگی انرژی، بستگی زاویه ای، خطی بودن، محوشدگی، اثر نور، تغییرات در زمینه، کالیبراسیون) بر اساس سندآژانس بین المللی انرژی اتمی (Safety Guide No.RS-G-1.3) کمتر از ۱۵٪ با سطح اطمینان ۶۸٪ و در حدود ۲۸,۵٪ با سطح اطمینان ۹۵٪ محاسبه گردید.

#### ۵-مراجع:

- 1-IEC 62387-2012; Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation
- 2-IAEA Safety Standards Series; Safety Guide No.RS-G-1.3: Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, 1999
- 3-S.H.Pooya, T.Orouji, Evaluation Of Effective Source in Uncertainty Measurements Of Personal Dosimetry by a Harshaw TLD System, Journal of biomedical physics engineering journal,4 (2014)
- 4.Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. Geneva: BIPM;1995.