



# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

## محاسبه پاسخ دوربین گاما به اکتیویته مشخصی از تکنسیوم و ساماریوم در فانتوم تفلون و فانتوم RW3 با استفاده از نتایج تجربی و شبیه سازی

افروز عسگری\*<sup>(۲،۱)</sup> - مصطفی سهراب پور<sup>(۲)</sup> - پروانه شکرانی<sup>(۳)</sup> - علی رضایی<sup>(۱)</sup>

<sup>(۱)</sup> سازمان انرژی اتمی - پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای - پژوهشکده راکتور

<sup>(۲)</sup> دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده انرژی - گروه کاربرد پرتوها

<sup>(۳)</sup> دانشگاه اصفهان - دانشکده علوم پزشکی - گروه فیزیک پزشکی

### چکیده :

متاستاز از محاسبه مقدار اکتیویته تشخیص داده می شود، اما پراکندگی و تضعیف باعث خطا در تعیین پرتوزایی می شود. هدف اصلی محاسبه پاسخ دوربین گاما به تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم و استخوان از طریق شبیه سازی با کد MCNP4C و تجربی می باشد. پاسخ دوربین گاما به چشمه تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم  $R = -9E+06d + 2E+08$  و  $R = -8E+06d + 1E+08$  می باشد. خطای شبیه سازی و تجربی برای تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم ۴/۵ و ۳/۱ درصد است. پاسخ دوربین به تکنسیوم و ساماریوم در استخوان  $R = -3E+07d + 3E+08$  و  $R = -1E+07d + 1E+08$  می باشد. خطای بین شبیه سازی و تجربی برای تکنسیوم و ساماریوم در استخوان ۵/۴ و ۵/۶ درصد است.

کلمات کلیدی: دوربین گاما، کد MCNP4C، فانتوم RW3، فانتوم معادل استخوان تفلون، تصحیح پراکندگی و تضعیف.

### مقدمه

متاستاز از محاسبه مقدار دقیق اکتیویته تعیین می شود. در مطالعات دزیمتری برای رادیوتراپی هدفمند، نیاز به تعیین پرتوزایی از تصویربرداری به روش SPECT است. پدیده های پراکندگی و تضعیف بر تخمین مقدار دقیق اکتیویته موجود در ارگان های بدن تاثیر می گذارد [۱]. چندین روش برای کاهش تاثیر فوتون های پراکنده شده پیشنهاد شده است [۲-۷]. روش DEW توسط جاسزاک پیشنهاد شده است [۶]. روش TEW توسط اوگوا پیشنهاد شده است [۵]. جان کیونگ بونگ روش ETEW را برای بهبود کیفیت تصاویر پزشکی هسته ای پیشنهاد داد [۷]. روش های فوق فقط به تصحیح پراکندگی می پردازد و تصحیح تضعیف را انجام نمی دهد. هدف این پژوهش تصحیح تضعیف و پراکندگی به طور همزمان است. در این روش پیشنهادی، پاسخ دوربین گاما به اکتیویته مشخصی از تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم و استخوان محاسبه می گردد.

### مواد و روش ها



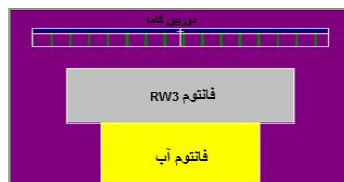
# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شبیه سازی دوربین گاما، ساخت و شبیه سازی فانتم تفلون و RW3 دوربین گاما ORBITER SCINTRON ساخت شرکت آلمانی MIE، با کریستال  $NaI(Tl)$  با ابعاد  $39 \times 39 \text{ cm}$  و ضخامت  $0.9525 \text{ cm}$  و کلیماتور LEGP1 با سوراخ هگراگنالی به قطر  $0.145 \text{ cm}$ ، ضخامت  $2/41 \text{ cm}$  و فاصله بین سوراخها  $0.2 \text{ cm}$  است. برای بافت نرم از RW3 با ابعاد  $30 \times 30 \times 2 \text{ cm}$  و فانتم آب به ابعاد  $21 \times 21 \times 11 \text{ cm}$  استفاده شد. فانتم استخوان، از هفت پوسته استوانه‌ای با ضخامت  $2 \text{ cm}$  و ارتفاع  $22 \text{ cm}$  از تفلون ساخته شد. محاسبه پاسخ دوربین گاما (فاکتورهای کالیبراسیون) به تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم چشمه استوانه به شعاع  $0.2 \text{ cm}$ ، ارتفاع  $5 \text{ cm}$  و فعالیت  $1/0.99 \text{ mci}$  در فاصله  $20 \text{ cm}$  از دوربین در فانتم آب در عمق  $6 \text{ cm}$  استفاده شد. سپس با اضافه کردن صفحات RW3 شمارش مربوط به هر ضخامت به دست آمد. تمام مراحل با استفاده از کد MCNP مطابق شکل ۲ شبیه سازی شد. تمام مراحل فوق برای چشمه به شعاع  $0.3 \text{ cm}$ ، ارتفاع  $10 \text{ cm}$  و فعالیت  $13/6 \text{ mci}$  از ساماریوم در فاصله  $10 \text{ cm}$  از دوربین از طریق تجربی و شبیه سازی تکرار شد.



شکل ۱. نمایی از دوربین گامای نصب شده در بیمارستان سیدالشهدا و فانتم RW3



شکل ۲. نمایی از هندسه شبیه سازی دوربین گاما، فانتم آب و صفحات RW3

محاسبه پاسخ دوربین گاما (فاکتورهای کالیبراسیون) به تکنسیوم و ساماریوم در بافت استخوان شمارش برای چشمه ساماریوم با پرتوزایی  $13/6 \text{ mci}$  در فاصله  $10 \text{ cm}$  از دوربین در پوسته تفلون مطابق شکل ۴ محاسبه شد. پاسخ دوربین مطابق شکل ۵ شبیه سازی شد. تمام مراحل فوق برای چشمه به ارتفاع  $10 \text{ cm}$ ، شعاع  $0.3 \text{ cm}$  حاوی  $1/51 \text{ mci}$  تکنسیوم در فاصله  $10 \text{ cm}$  از دوربین از طریق تجربی و شبیه سازی تکرار شد.



شکل ۴. نمایی از مقطع فانتم تفلون با ضخامت ۱۴ سانتی‌متر به همراه دوربین گاما شبیه سازی شده با کد MCNP4C

<sup>1</sup> Low Energy General Purpose

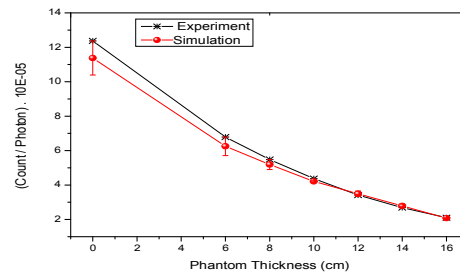
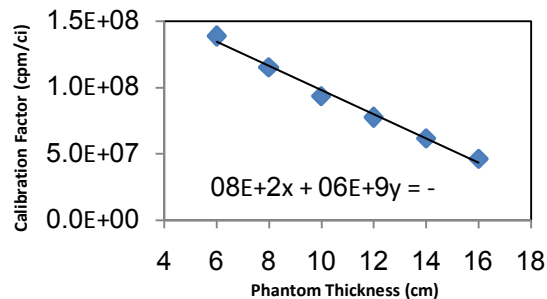


شکل. **Error! No text of specified style in document.** نمایی از دوربین گامای نصب شده و فانتوم تفلون حاوی چشمه استوانه‌ای تکنسیوم

محاسبه پاسخ دوربین گاما (فاکتورهای کالیبراسیون) به تکنسیوم و ساماریوم در زوایای مختلف شمارش برای ساماریوم و تکنسیوم از طریق شبیه سازی در زوایای ۵ تا ۴۵ با گام ۵ درجه قرار گرفت. این زاویه، زاویه بین خط عمود بر همسوکننده و خط واصل دوربین به مرکز چشمه تعریف می‌گردد.

## نتایج

شکل ۷ الف. نمودار شبیه سازی و تجربی شمارش چشمه Tc-99m بر حسب ضخامت آب و فانتوم RW3 را نشان می‌دهد. پاسخ دوربین گاما به تکنسیوم بر حسب ضخامت فانتوم بافت نرم در شکل ۷ ب. نمایش داده شده است.



شکل ۷ الف. شمارش چشمه استوانه‌ای Tc-99m بر حسب ضخامت فانتوم آب و RW3. ب. پاسخ دوربین گاما با پرتو زایی مشخصی از تکنسیوم بر حسب ضخامت‌های مختلف فانتوم معادل بافت نرم

رابطه ۱، معادله کالیبراسیون برای دوربین گاما به تکنسیوم برای بافت نرم را نشان می‌دهد. در معادله زیر  $d$  و  $R$  به ترتیب ضخامت فانتوم بافت نرم و پاسخ دوربین به ضخامت‌های مختلف می‌باشد.

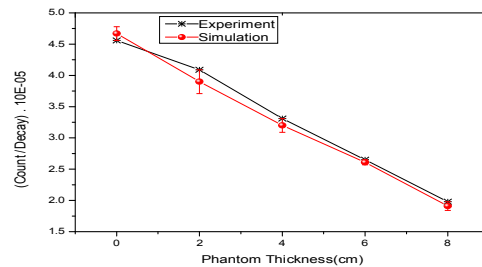
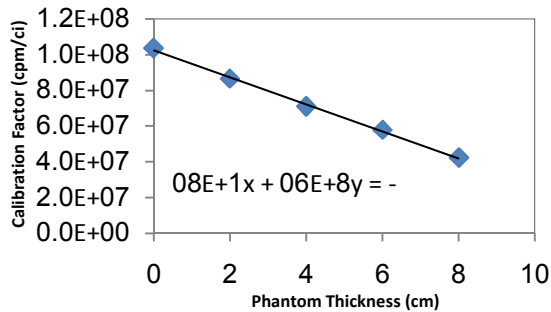
$$R = -9E+06d + 2E+08 \quad (1)$$

شکل ۸ الف. نمودار شبیه سازی و تجربی شمارش چشمه Sm-153 بر حسب ضخامت فانتوم RW3 را نشان می‌دهد. پاسخ دوربین گاما به ساماریوم بر حسب ضخامت فانتوم بافت نرم در شکل ۸ ب. نمایش داده شده است.



# بیت و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

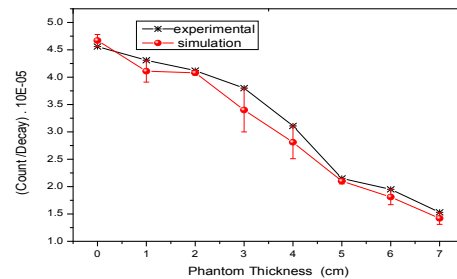
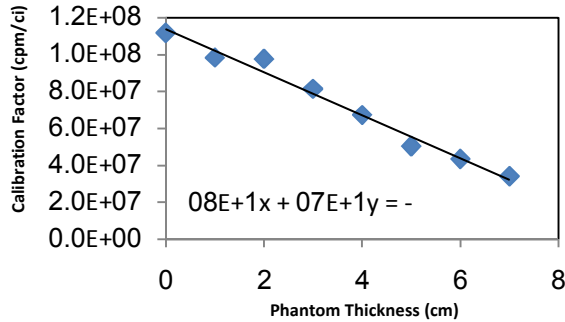


شکل ۸. الف. شمارش چشمه استوانه‌ای Sm-153 بر حسب ضخامت فانتوم RW3. ب. پاسخ دوربین گاما با پرتوزایی مشخصی از ساماریوم بر حسب ضخامت‌های مختلف فانتوم معادل بافت نرم

رابطه ۲، معادله کالیبراسیون برای دوربین گاما و ساماریوم برای بافت نرم را نشان می‌دهد. در معادله زیر  $d$  و  $R$  به ترتیب ضخامت فانتوم بافت نرم و پاسخ دوربین به ضخامت‌های مختلف می‌باشد.

$$R = -8E+06d + 1E+08 \quad (2)$$

شکل ۹. الف. نمودار شبیه سازی و تجربی شمارش چشمه Sm-153 بر حسب ضخامت فانتوم تفلون را نشان می‌دهد. پاسخ دوربین گاما به ساماریوم بر حسب ضخامت فانتوم تفلون در شکل ۹. ب. نمایش داده شد.



شکل ۹. الف. شمارش چشمه استوانه‌ای Sm-153 بر حسب ضخامت فانتوم تفلون از دو طریق شبیه سازی و تجربی. ب. پاسخ دوربین گاما با پرتوزایی مشخصی از Sm-153 بر حسب ضخامت‌های مختلف استخوان

رابطه ۳، معادله کالیبراسیون برای دوربین گاما به ساماریوم برای بافت استخوان را نشان می‌دهد. در معادله زیر  $d$  و  $R$  به ترتیب ضخامت فانتوم بافت استخوان و پاسخ دوربین به ضخامت‌های مختلف می‌باشد.

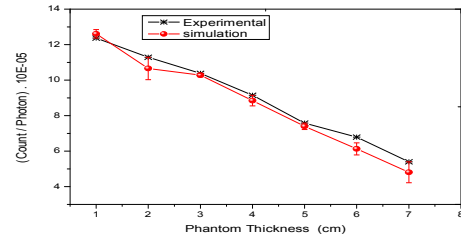
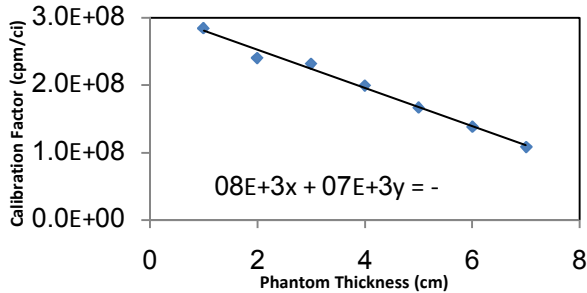
$$R = -1E+07d + 1E+08 \quad (3)$$

شکل ۱۰. الف. نمودار شبیه سازی و تجربی شمارش چشمه Tc-99m بر حسب ضخامت فانتوم تفلون را نشان می‌دهد. پاسخ دوربین گاما به ساماریوم بر حسب ضخامت فانتوم تفلون در شکل ۱۰. ب. نمایش داده شد.



# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



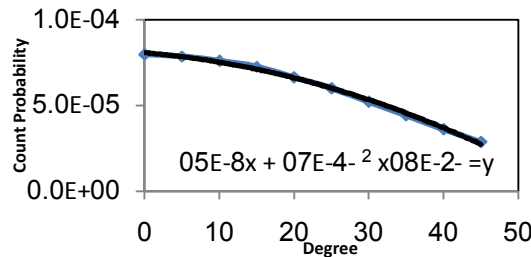
شکل ۱۰. الف. اندازه گیری و شبیه سازی شمارش چشمه استوانه‌ای Tc-99m بر حسب ضخامت فانتوم تفلون. ب. پاسخ دوربین

گاما (cpm/ci) با پرتو زایی مشخصی از تکنسیوم بر حسب ضخامت فانتوم استخوان

رابطه ۴، معادله کالیبراسیون برای دوربین گاما و تکنسیوم برای بافت استخوان را نشان می‌دهد. در معادله زیر  $d$  و  $R$  به ترتیب ضخامت فانتوم بافت استخوان و پاسخ دوربین به ضخامت‌های مختلف می‌باشد.

$$R = -3E+07d + 3E+08 \quad (۴)$$

به علت حضور همسوکننده، زاویه تابش بر پاسخ دوربین تأثیری ندارد. پاسخ دوربین به ساماریوم بدون همسوکننده در سلول مرکزی مطابق شکل ۱۱ به شکل سهمی است که در تطابق خوبی با پژوهش‌های پیشین می‌باشد [۸].

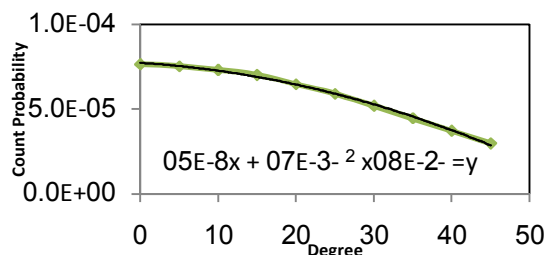


شکل ۱۱. پاسخ دوربین گاما بدون همسوکننده به چشمه ساماریوم بر حسب زاویه تابش در سلول مرکزی

رابطه ۵ پاسخ دوربین به ساماریوم بر حسب count/photon در زاویه تابش بر حسب درجه را نشان می‌دهد.

$$r = -2E-08 \theta^2 - 4E-07\theta + 8E-05 \quad (۵)$$

شکل ۱۲ پاسخ دوربین گاما بدون همسوکننده به تکنسیوم بر حسب زوایای مختلف تابش را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲. پاسخ دوربین گامای بدون همسوکننده به چشمه تکنسیوم بر حسب زاویه تابش در سلول مرکزی

رابطه ۶ نشان دهنده معادله دوربین گامای بدون حضور همسوکننده به زاویه تابش چشمه تکنسیوم می‌باشد.

$$r = -2E-08\theta^2 - 3E-07\theta + 8E-05 \quad (۶)$$



# بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

## بحث و نتیجه گیری

در پروژه حاضر با پیشنهاد روشی جدید، تصحیح تضعیف و پراکندگی با هم انجام گردید. در این روش پاسخ دوربین گاما به اکتیویته مشخصی از تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم و استخوان از دو طریق شبیه سازی و تجربی محاسبه شد. معادله کالیبراسیون پاسخ دوربین گاما به تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم  $R = -9E+06d + 2E+08$  و  $R = -8E+06d + 1E+08$  می‌باشد. خطای شبیه سازی و تجربی برای تکنسیوم و ساماریوم در بافت نرم  $4/5$  و  $3/1$  درصد است. معادله کالیبراسیون پاسخ دوربین گاما به تکنسیوم و ساماریوم در استخوان  $R = -3E+07d + 3E+08$  و  $R = -1E+07d + 1E+08$  می‌باشد. خطای شبیه سازی و تجربی برای تکنسیوم و ساماریوم در استخوان  $5/6$  و  $5/4$  درصد است. معادلات پاسخ دوربین به زوایای تابش ساماریوم و تکنسیوم  $r = -2E-08\theta^2 - 4E-07\theta + 8E-05$  و  $r = -2E-08\theta^2 - 3E-07\theta + 8E-05$  است. با تعیین مقدار  $d$  از سی تی اسکن بیمار مقدار  $cpm/ci$  از معادلات فوق بدست می‌آید، از طرفی با محاسبه مقدار  $cpm$  از رادیوداروی تزریق شده به مریض تحت تشخیص با دوربین گاما و تقسیم آن بر مقدار محاسبه شده از معادلات  $(cpm/ci)$  مقدار دقیق اکتیویته مشخص می‌گردد.

## مراجع

- [1] Damien AU, Abdelkader BI, Manue Monte Carlo Modeling of Gamma Cameras for I-131 Imaging in Targeted Radiotherapy I, Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals, 20(1): 77-84, 2005.
- [2] Bloch P, Sanders T, Reduction of effects of scattered photons on a sodium iodine imaging system, Journal of Nuclear Medicine, 14(2):67-72, 1973.
- [3] Jaszczak Ri, Floyd CE, Coleman E, Scatter compensation techniques for SPECT, Nuclear Science, IEEE Transactions, 32(1):786-93, 1985.
- [4] Little RG, Lowell R, Uglum JR., Scatter reduction with energy-weighted acquisition, Nuclear Science, IEEE Transactions, 36(2):1334-9, 1989.
- [5] Ogawa K, Harata Y, Ichihara T, A Practical Method for Position-Dependent Compton-Scatter Correction in Single Photon Emission CT, Nuclear Science, IEEE Transactions, 10(3):408-12, 1991.
- [6] Sakellios NG, Karali E, Lazaro D, Loudos GK, Monte-Carlo simulation for scatter correction compensation studies in SPECT imaging using GATE software package, 2006, 569(2):404-8.
- [7] Jung-Kyun Bong, Hye-Kyung Son, Jong Doo Lee, Improved Scatter Correction for SPECT Images: A Monte Carlo Study, IEEE Transactions on Nuclear Science, Nuclear Science, IEEE Transactions, 52(5): 1263-70, 2005.
- [8] M. Rasouli, M. Ay, A. Takavar, and S. Lashkari, the Influence of Inter-Crystal Scattering on Detection Efficiency of Dedicated Breast Gamma Camera: A Monte Carlo Study, IFMBE Proceedings, 22: 2451-2454, 2009.