

Evaluation of the Performance of Symbia T SPECT Camera Using SIMIND Monte Carlo Simulation

Seyedeh Zahra Islami rad ^{1*}, Zahra Safi¹

¹ Physics Department, Science Faculty, University of Qom, Qom, Iran

Abstract

Introduction: The quality control of the SPECT system plays an important role in the interpretation and reporting of images. For this purpose, evaluation tests of quality control are performed to detect problems in the scanner, before the negative impact on medical images. Performing quality control tests and various simulations are vital and effective to determine the defects of the system.

Methods and Materials: In this study, first, the SYMBIA T scanner was simulated with SIMIND Monte Carlo code, and spatial resolution and sensitivity parameters were measured based on experimental conditions. Then, the acquired results were analyzed, compared, and validated with experimental results.

Results: The spatial resolution as experimental and simulation in field of view (FOV) were measured 4.73 mm and 4.4 mm, respectively. Furthermore, the sensitivity calculated by simulation and experiment for 126-154 keV energy windows was equal to 46.27 cps/MBq and 47.98 cps/MBq. The relative errors for spatial resolution and sensitivity were measured 7% and 3%, respectively.

Discussion and Conclusion: The error quantity indicates a good agreement between the experimental and the simulation data. Using this simulation, the quality control parameters can be predicted before performing the experimental quality-control tests. Thus, the cost, radiation safety, shielding requirements and error in the system images are significantly minimized.

Keywords: SPECT Symbia T, Quality Control, Evaluation, SIMIND Simulation, Spatial Resolution, Sensitivity

ارزیابی کارایی اسپکت Symbia T با استفاده از شبیه سازی مونت کارلوی SIMIND

سیده زهرا اسلامی راد^{*}، زهرا صفی^۱

^۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران

چکیده

مقدمه: بررسی کیفیت دستگاه اسپکت نقش مهمی در تفسیر و گزارش تصاویر دارد به همین منظور آزمون‌های ارزیابی کنترل کیفیت برای تعیین عیوب موجود در دستگاه، قبل از تأثیر منفی در تصاویر پزشکی صورت می‌گیرد. برای پی بردن به معایب دستگاه، آزمون‌های کنترل کیفیت و شبیه سازی‌های متفاوت حیاتی و موثر است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، ابتدا به منظور ارزیابی کیفیت دستگاه، اسپکت Symbia T با کد مونت کارلوی SIMIND شبیه سازی شده و پارامترهای قدرت تفکیک فضایی و حساسیت مطابق با شرایط تجربی اندازه گیری گردید. سپس نتایج حاصله با نتایج تجربی تحلیل، مقایسه و اعتبار سنجی گردید.

یافته‌ها: قدرت تفکیک فضایی بصورت شبیه سازی و تجربی در مرکز میدان دید به ترتیب برابر $4/4$ mm و $4/73$ mm اندازه گیری شد. همچنین حساسیت محاسبه شده بصورت شبیه سازی و تجربی برای پنجره انرژی $1054-126$ keV برابر $47/98$ cps/MBq و $46/27$ cps/MBq گردید. خطای نسبی برای رزولوشن فضایی و حساسیت به ترتیب برابر 7% و 3% شد.

بحث و نتیجه گیری: خطا بیانگر توافق خوب بین داده‌های تجربی و شبیه سازی است. با استفاده از این شبیه‌سازی، پارامترهای کنترل کیفیت را می‌توان قبل از انجام آزمایشات تجربی پیش‌بینی کرد. بنابراین، هزینه، ایمنی تابش، الزامات حفاظت و خطا در تصاویر سیستم به طور قابل توجهی به حداقل می‌رسد.

کلمات کلیدی: اسپکت Symbia T، کنترل کیفی، ارزیابی، شبیه سازی SIMIND، رزولوشن فضایی، حساسیت

مقدمه

مکانیسم اسپکت بر اساس فروپاشی نوکلئیدهای گسیلنده فوتون است. فوتون گسیلی با یک الکترون از ماده اطراف برهمکنش کرده و در نتیجه پدیده‌ی فوتوالکتریک، پرتوهای گامای تضعیفی به‌وسیله‌ی دتکتورهای اسکنر ثبت می‌گردند. اطلاعات در پاسخ جمع‌آوری شده برای تولید تصویر فعالیت اندام‌ها به‌کار برده می‌شود. بنابراین هدف اصلی مطالعات اسپکت، دستیابی به تصاویر با کیفیت خوب و جزئیات اندام‌ها می‌باشد که آن بستگی به عملکرد سیستم در تشکیل تصویر دارد (۴-۱). بررسی پارامترهای مهم در اسپکت شامل رزولوشن فضایی و حساسیت، در دستیابی به بالاترین کارایی سیستم و به تبع آن کیفیت مطلوب تصویر ضروری است. بسیاری از اسکنرهای اسپکت در جهان

تصویربرداری گسیل تک فوتون (اسپکت) تکنیکی در پزشکی هسته‌ای است که از مواد رادیو اکتیو برای تشخیص مراحل بیماری استفاده می‌کند. این دستگاه سبب تصویربرداری از مکان و وسعت یک بیماری در بدن بر اساس فعالیت‌های فیزیولوژیکی و سلولی می‌گردد. توانایی تجسم تابع فیزیولوژیکی بدن، تکنیک تصویربرداری اسپکت را از تکنیک تصویربرداری آناتومیکی مرسوم همچون سی‌تی اسکن جدا می‌کند. وقتی که تکنیک اسپکت با تصویربرداری آناتومیکی همچون سی‌تی یا ام‌آر آی ترکیب می‌شود، بهترین اطلاعات موجود روی مراحل رشد تومور و ارزیابی بسیاری از سرطان‌های متداول را فراهم می‌کند.

^{*}(نویسنده مسئول) سیده زهرا اسلامی راد، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه قم، قم، ایران.
آدرس الکترونیکی: szislami@qom.ac.ir

گاما با زاویه متغیر دو سر با یک اسکندر CT دو اسلایس است که برای تصحیح تضعیف استفاده می شود. میدان دید دوربین گاما، بزرگ و مستطیل شکل به ابعاد ۵۳/۳ cm در ۳۸/۷ cm با ۵۹ لامپ تکثرکننده ی فوتونی PMT^۱ در هر دکتور می باشد. جنس کریستال استفاده شده در سیستم از یدید سدیم به ابعاد ۵۹/۱ cm در ۴۴/۵ cm می باشد. مشخصات کامل اسپکت Symbia T در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات کلی اسپکت Symbia T

مشخصات گانتری	
۲۲۵ cm	ارتفاع
۲۳۱ cm	عرض
۲۰۳ cm	عمق
۱۰۴ cm	محور چرخش
cm۷۰	ورودی تونل
۳۱۱۳ kg	وزن بدون کولیماتور
مشخصات دکتور	
۵۳/۳×۳۸/۷ cm	میدان دید
یدور سدیم	جنس کریستال
۵۹/۱×۴۴/۵ cm	ابعاد کریستال
۵۹	تعداد PMT

۲- کد شبیه ساز SIMIND

برنامه ی مونت کارلوی SIMIND بر پایه استفاده از اعداد تصادفی است که به طور یکنواخت برای مدل سازی فرآیند انتقال تابش، توزیع شده اند و با دقت بسیار قادر به توصیف دوربین استاندارد کلینیکی اسپکت است و به راحتی می توان آن را برای هر نوع محاسبه یا اندازه گیری موجود در تصویر برداری اسپکت اصلاح کرد (۱۲). به طور مختصر، فوتون ها از یک توزیع فعالیت شبیه سازی شده در فانتوم گسیل می شوند و گام به گام به سمت دوربین سوسوزن دنبال می شوند. برخلاف تصویر برداری عملی، در شبیه سازی، جزئیات تاریخچه فوتون از دست نمی رود و پارامترهای مهم که توسط اندازه گیری ها در دسترس نیستند (برای مثال برهمکنش های پراکندگی در فانتوم برای تاریخچه فوتون یا مرتبه ی پراکندگی خاص، زاویه پراکندگی، انرژی داده

پس از ساخت، کارایی و کیفیت تصاویر آن ها ارزیابی می شود. از آنجائی که بررسی اثر پارامترهای مختلف سیستم بر کیفیت تصویر با روش اندازه گیری عملی بسیار پرهزینه و بعضا غیرممکن می باشد، تلاش محققان بر ارائه روش هایی جهت بررسی این پارامترها به صورت تئوری می باشد. زیرا می تواند همه ی فرآیندهای درگیر در تصویر برداری اسپکت، از گسیل فوتون تا آشکارسازی فوتون ها به وسیله ی دکتورها را محاسبه نماید. تکنیک های شبیه سازی یک مکمل ضروری برای دامنه وسیعی از مسائلی است که نمی تواند با دیدگاه تحلیلی و تجربی مورد توجه قرار گیرد. روش های مختلفی جهت شبیه سازی سیستم های تصویر برداری مانند، GATE، EGS4، MCNP4، SimSET، Geant4 و SIMIND قابل استفاده در پزشکی هسته ای توسعه یافته است (۱۱-۵).

Morphis و همکاران Siemens SymbiaTM T16 را با استفاده از نرم افزار SIMIND شبیه سازی کرده و پاسخ سیستم شامل رزولوشن فضایی و حساسیت را با استفاده از رادیوایزوتوپ های I^{123} و I^{131} بررسی نمودند (۷).

در مطالعاتی که Ejeه و همکاران انجام دادند، کد SIMIND برای مدل سازی یک دوربین گاما SPECT/CT دو سر Siemens Symbia T مجهز به کولیماتورهای همه منظوره انرژی بالا (HEAP) اعتبارسنجی شد. اعتبارسنجی با محاسبات تجربی و شبیه سازی پارامترهای اندازه گیری های کارایی سیستم با I^{131} انجام شد. FWHM محاسبه شده برای دوربین گاما به صورت تجربی و شبیه سازی ۴/۴ mm و ۱۳/۹ mm گردید. همچنین پارامتر حساسیت سیستم در حالت تجربی و شبیه سازی به ترتیب نتایج ۴۹ cps/MBq و ۴۸ cps/MBq محاسبه شد (۸).

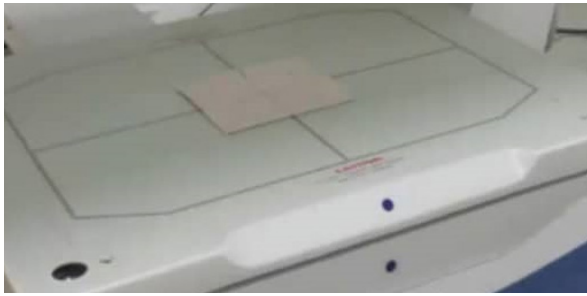
در این تحقیق، به منظور ارزیابی کنترل کیفی دستگاه Symbia T، اسکندر اسپکت با کد SIMIND شبیه سازی، و دو پارامتر رزولوشن فضایی (FWHM) و حساسیت محاسبه شد. سپس به منظور اعتبارسنجی داده ها، نتایج حاصل از شبیه سازی با نتایج تجربی مقایسه گردید.

مواد و روش ها

۱- توصیف سیستم Symbia T

دوربین گاما Siemens Symbia T زیمنس ترکیبی از یک دوربین

¹ Photomultiplier Tube



شکل ۱- شمایی از نحوه ی قرار گرفتن فانتوم استاندارد برای محاسبه رزولوشن فضایی

مویرگ‌هایی شیشه‌ای با قطر داخلی $1/15$ mm (قطر خارجی $1/55$ mm) پر شده با محلول رادیواکتیو ^{99m}Tc با اکتیویته $55/5$ MBq به‌عنوان چشمه‌ی خطی استفاده شد. لوله‌های موئین از دو طرف مهر و موم شده و در اضلاع مربع قرار گرفت. اندازه‌گیری‌ها در مرکز میدان دید انجام شد به‌طوری‌که لوله‌های موئین باید با محور x و y آشکار ساز با دقت بسیار هم تراز باشند. سپس سایز ماتریس انتخاب شده و یک تصویر به دست آمد. در مجموع ۸ تصویر پروجکشن به دست آمد. مطابق با روش تجربی دربخش CHANGE معرفی سیستم و ورودی‌ها به برنامه داده شد. پس از معرفی سیستم و اجرا کردن برنامه تمامی اطلاعات ورودی و خروجی برنامه در فایل pm ذخیره گردید.

۲-۳ حساسیت

پاسخ نسبی یک سیستم به مقدار فعالیت مشخص، حساسیت سیستم نامیده می‌شود. به عبارت دیگر، توانایی دوربین در آشکارسازی فوتون‌های تولید شده توسط هسته‌های پرتوزا حساسیت نامیده می‌شود. فانتوم حساسیت، شامل استوانه‌ای به قطر 32 mm و ضخامت 5 mm با اکتیویته مشخص، $1/4$ mCi از ^{99m}Tc به صورت محلول در این آزمون مورد استفاده قرار گرفت. رادیواکتیویته از طریق اندازه‌گیری اکتیویته‌ی سرنگ حاوی محلول رادیونوکلوئید برای انتقال به فانتوم در کالیبراتور دوز مشخص شد و در ادامه داده‌ها و زمان نیز ثبت گردید. پس از انتقال رادیواکتیویته‌ی مورد نظر به فانتوم مجدداً رادیواکتیو سرنگ خالی را اندازه‌گیری می‌کنیم، که مشخص‌کننده‌ی اکتیویته باقی مانده در سرنگ پس از انتقال می‌باشد، زیرا

شده و ...) را همواره می‌توان در طول شبیه‌سازی استنتاج کرد. سیستم SIMIND دارای دو برنامه اصلی به نام‌های CHANGE و SIMIND است. برنامه CHANGE راهی برای تعریف پارامترهای سیستم برای شبیه‌سازی و نوشتن داده‌ها در فایل‌های داده خارجی ارائه می‌دهد. شبیه‌سازی واقعی توسط برنامه SIMIND ساخته شده است که فایل‌های ورودی ایجاد شده توسط CHANGE را می‌خواند و نتایج را به صفحه نمایش یا فایل‌های داده مختلف ارسال می‌کند. برنامه CHANGE کاربر را قادر می‌سازد تا به راحتی سیستم تصویربرداری مورد نظر خود را تعریف کند. همچنین CHANGE شامل مجموعه‌ای از منوها است که کاربر را به وارد کردن پارامترهای خاص برای توصیف سیستم ترغیب می‌کند. سپس این پارامترها در فایل داده مورد استفاده در SIMIND نوشته می‌شوند.

۳- ارزیابی کارایی و پارامترهای کنترل کیفی Symbia T

هدف اصلی مطالعات اسپکت به‌دست آوردن تصاویر با کیفیت خوب و جزئیات فانتومی است که به‌وسیله‌ی اسپکت تصویربرداری شده است. کیفیت تصویر به کارایی سیستم بستگی دارد. کارایی دستگاه اسپکت و در نتیجه کیفیت تصویر خروجی به چندین پارامتر بستگی دارد که دستگاه بر اساس این پارامترها ارزیابی می‌شوند. در این مطالعه به منظور ارزیابی کنترل کیفی دستگاه Symbia T دو پارامتر رزولوشن فضایی (FWHM)^۱ و حساسیت مطابق با استانداردهای NEMA، به‌صورت تجربی و شبیه‌سازی اندازه‌گیری شد. پس از بررسی مشخصات و ویژگی فانتوم‌های مورد استفاده در هر آزمون، به روش انجام کار و شرایط آزمون‌ها به صورت جداگانه پرداختیم.

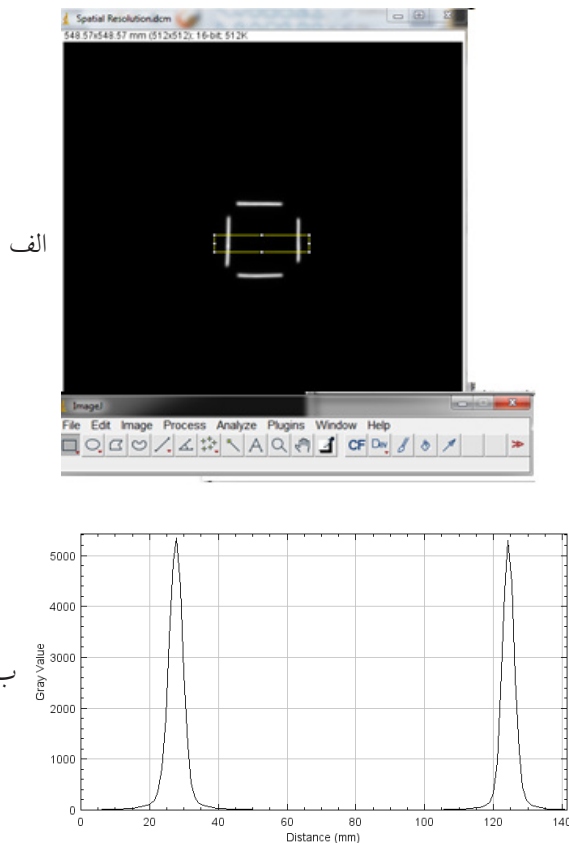
۱-۳ رزولوشن فضایی

رزولوشن فضایی کمینه حد نمایش فضایی سیستم از یک جسم را می‌دهد و با اندازه‌گیری عرض پروفایل به‌دست آمده از یک چشمه نقطه‌ای یا خطی که بر روی آشکارساز تصویر شده، مشخص می‌شود. اندازه‌گیری رزولوشن فضایی به دو روش تجربی و شبیه‌سازی انجام شد. در روش تجربی برای آماده‌سازی فانتوم، یک قاب مربعی به شکل ۱ طراحی شد.

یافته‌ها

۱- رزولوشن فضایی

مطابق با شرایط استاندارد لوله‌های موئین با قطر داخلی 1/15 mm پر شده با محلول رادیواکتیو ^{99m}Tc به عنوان چشمه ی خطی در چهار ضلع یک مربع و در مرکز میدان دید قرار گرفت و تصویربرداری شروع شد. از کولیماتور LEGP برای محاسبه ی رزولوشن فضایی استفاده گردید. پس از پایان تصویربرداری، داده‌های خام حاصله را در نرم افزار Image J پردازش کرده که تصویر حاصل در شکل ۳- الف آمده است. برای محاسبه ی رزولوشن فضایی، با استفاده از برنامه ImageJ ابتدا طیف حاصل از دو لوله موئین را با روشی که در شکل ۳-ب مشاهده می‌کنید به دست آوردیم.



شکل ۳- نحوه ی به دست آوردن طیف‌های حاصل از فانتوم‌های استاندارد: الف- تصویر حاصل از ۴ لوله ی موئین ب- پیک‌های حاصل از دو لوله ی موئین

سپس تابع گاوسین را بر روی داده ها فیت کرده و مقدار کمیت FWHM را اندازه گیری کردیم که مقدار این کمیت برابر با ۴/۷۳ محاسبه شد. (شکل ۴)

از زمانی که تزریق انجام می‌شود تا زمانی که آزمون انجام شود ^{99m}Tc واپاشی می‌کند و این که ^{99m}Tc تنها ۶ ساعت طول عمر دارد، با تفاضل دو عدد به دست آمده رادیواکتیویته در فانتوم مشخص می‌شود. با انتخاب و قرار دادن کولیماتور در موقعیت مورد نظر و انتخاب ماتریس با ابعاد $16 \times 128 \times 128$ تصویربرداری در مدت زمان ۱۰۰ ثانیه به دست آمد. همچنین پنجره ی انرژی بین 126keV و 154keV تنظیم شد. سپس تمامی منابع رادیواکتیو را از اتاق دوربین خارج کرده (فانتوم را حذف می‌کنیم) و پس زمینه را برای یک دوره زمانی مشابه شمارش شد. (شکل ۲)

بنابراین حساسیت پلانار سیستم در فواصل 5 cm و 10 cm از سطح دکتور محاسبه گردید. در نهایت حساسیت با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

$$CR = \left(\frac{C_{100} - C_b}{100} \right) \times e^{\frac{T_c - T_o}{\tau}} \quad (1)$$

$$SVS = \frac{CR}{A} \quad (2)$$

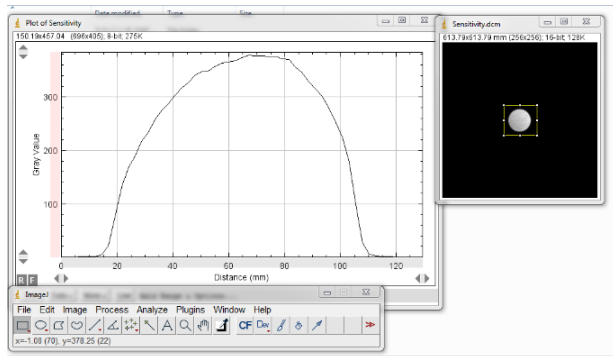
که در آن آهنگ شمارش، شمارش ثبت شده در ۱۰۰ ثانیه از فانتوم، شمارش زمینه (بدون فانتوم)، اختلاف زمان آماده سازی نمونه تا لحظه ی شمارش نمونه و نیمه عمر ^{99m}Tc می‌باشد. همچنین SVS سامانه حجمی سیستم و اکتیویته ی ویژه ی نمونه است. مطابق با شرایط تجربی، برنامه CHANGE امکان معرفی سیستم اسپکت را به این نرم افزار شبیه ساز فراهم می‌سازد، پس از معرفی سیستم و اجرای برنامه تمامی اطلاعات ورودی و خروجی برنامه، حساسیت در فایل RES ذخیره گردید.



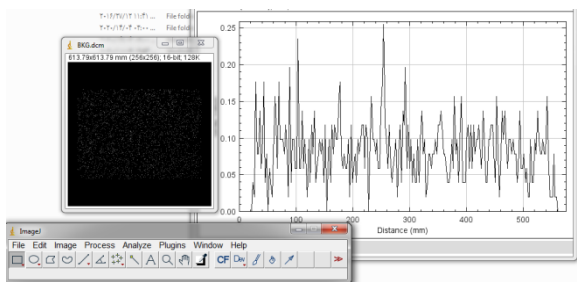
شکل ۲- فانتوم حساسیت

۲- حساسیت

استوانه ای به قطر ۳۲ mm و ضخامت ۵ mm با اکتیویته مشخص، ۱/۴ mCi از ^{99m}Tc به عنوان فانتوم حساسیت در فاصله ی ۵ cm و ۱۰ cm از مرکز میدان دید قرار گرفت. ابتدا تصویر حاصله از بک گراند انجام شده و سپس از فانتوم به دست آمد (شکل ۶). از کولیماتور LEHR برای محاسبه ی حساسیت استفاده گردید. سپس داده ها در نرم افزار Image J مورد تحلیل قرار گرفت. سپس پروفایل داده های خروجی مطابق با شکل ۶-الف رسم گردید. هم چنین پروفایل حاصل از بک گراند در شکل ۶-ب رسم گردید. حساسیت با استفاده از فرمول بیان شده به صورت تجربی محاسبه شد که مقدار آن در فاصله ی ۱۰ cm، ۱۰ cps/MBq، ۴۷/۹۸ به دست آمد.



الف



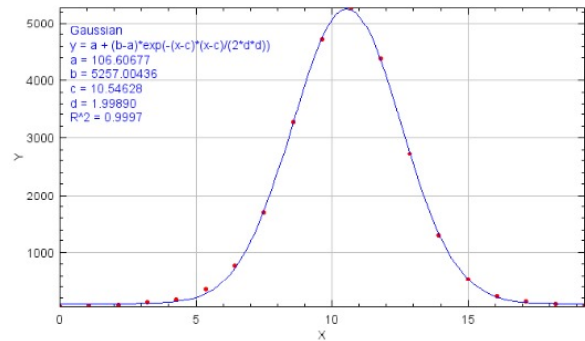
ب

شکل ۶- پروفایل و تصاویر به دست آمده جهت محاسبه ی حساسیت الف- فانتوم ب- پس زمینه

هم چنین پس از معرفی سیستم و اجرای برنامه، خروجی برنامه مانند حساسیت در فایل RES ذخیره گردید. حساسیت محاسبه شده در شبیه سازی ۴۶/۲۷ cps/MBq محاسبه شد.

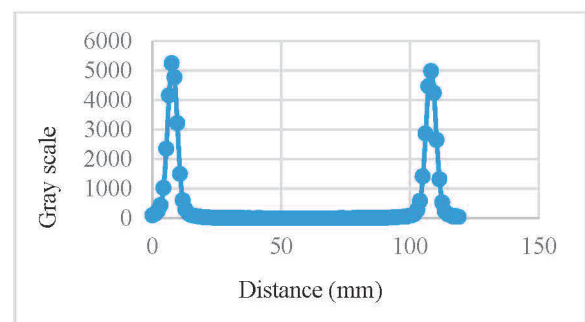
بحث و نتیجه گیری

به منظور اعتبارسنجی داده های تجربی و اطمینان از صحت

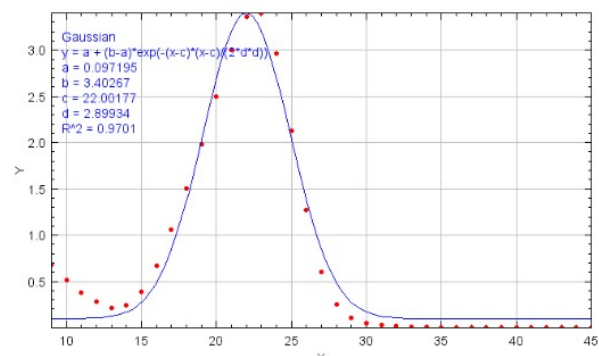


شکل ۴- فیت کردن تابع گوسین و محاسبه ی FWHM در روش تجربی

هم چنین به منظور محاسبه ی رزولوشن فضایی به وسیله ی نرم افزار SIMIND، پس از معرفی سیستم و اجرا کردن برنامه تمامی اطلاعات ورودی و خروجی برنامه در فایل pm ذخیره گردید. خروجی به فایل اکسل داده شد و نمودار شکل ۵-الف به دست آمد. سپس با فیت کردن تابع گوسین روی هر یک از پیک های به دست آمده میانگین مقدار FWHM برابر ۴/۴ محاسبه شد.



الف



ب

شکل ۵- نحوه ی محاسبه ی رزولوشن فضایی حاصل از شبیه سازی SIMIND. الف- نمودار حاصل از فایل خروجی ب- فیت کردن تابع گوسین و محاسبه ی FWHM در شبیه سازی

همچنین به منظور ارزیابی داده‌های تجربی و شبیه سازی، پارامتر خطای نسبی محاسبه گردید که نتایج در جدول ۲ آمده است. این میزان خطا بیانگر توافق خوب بین داده‌های تجربی و شبیه سازی است.

عملکرد دستگاه اسکنر Symbia T شبیه سازی با استفاده از کد SIMIND انجام گردید که نتایج حاصل از آن با نتایج تجربی مقایسه شد. این مقایسه شامل پارامترهای کنترل کیفی دستگاه (رزولوشن فضایی و حساسیت) می باشد (جدول ۲).

جدول ۲. نتایج آزمون‌های اعتبارسنجی اندازه گیری و شبیه سازی

پارامتر	تجربی	شبیه سازی	خطای نسبی
رزولوشن فضایی (mm)	۴/۷۳	۴/۴	٪۷
حساسیت (cps/MBq) در فاصله ۱۰ cm	۴۶/۲۷	۴۷/۹۸	٪۳
حساسیت (cps/MBq) در فاصله ۵ cm	۵۰/۲۱	۵۱/۶۵	٪۳

است (۷-۹). مطابق با جدول ۳، رزولوشن فضایی محاسبه شده در پژوهش حاضر در اندازه گیری تجربی ۴/۷۳ mm و در شبیه سازی ۴/۴ mm محاسبه شد که کمتر از مطالعات انجام شده است که به دلیل فاصله‌ی بین چشمه و آشکارساز است. در پژوهش حاضر تصویربرداری در فاصله ۱۰ cm انجام شد در حالی که در مطالعات دیگر فاصله ۱۰ cm می باشد. همچنین تفاوت در میزان حساسیت اندازه گیری شده ناشی از زمان‌های متفاوت تصویربرداری، نوع کولیماتور استفاده شده، نوع چشمه‌ی مورد استفاده و پنجره‌ی انرژی است.

پس از ارزیابی کارایی اسپکت بر اساس فانتوم‌های استاندارد به صورت تجربی و شبیه سازی، نتایج حاصل (رزولوشن فضایی و حساسیت) با نتایج پژوهش‌های مرتبط مقایسه گردید (۷-۹). اما این مقایسه به دلیل تفاوت‌هایی در هندسه و نوع رادیوایزوتوپ چشمه مورد استفاده، کولیماتور و روش‌های ارزیابی (فاصله‌ی بین چشمه و دکتور، پنجره انرژی، زمان تصویربرداری و ...) به طور کامل دقیق نیست. جدول ۳، مقایسه‌ی بین پارامترهای کنترل کیفی اندازه گیری شده شامل رزولوشن فضایی و حساسیت در مطالعه حاضر را با پژوهش‌های انجام شده و مرتبط ارائه کرده

جدول ۳. مقایسه نتایج آزمون‌های کنترل کیفی دستگاه‌های اسپکت در مطالعه‌ی حاضر با پژوهش‌های مرتبط

پارامتر	Siemens E.CAM	Siemens Symbia™ T16	Siemens Symbia T	پژوهش حاضر
رزولوشن فضایی (mm)	۷/۸	۷/۹	۱۴/۴	تجربی ۴/۷۳
شبیه سازی	۸/۴	۸/۳	۱۳/۹	۴/۴
خطای نسبی	٪۷	٪۵	٪۳	٪۷
حساسیت تجربی	۸۵/۱۱	۸۴/۲	۴۹	۴۶/۲۷
شبیه سازی (cps/MBq)	۸۵/۳۹	۸۳/۴	۴۸	۴۷/۹۸
خطای نسبی	٪۰/۳	٪۱	٪۲	٪۳
Ref	Bahreyni و همکاران	Morphis و همکاران	Ejeh و همکاران	

به صورت تجربی با فانتوم‌های استاندارد محاسبه شد. مطابق با آنچه گفته شد، برای اطمینان از صحت عملکرد اسپکت Symbia T و اعتبار سنجی داده‌های اکتسابی، اسپکت Symbia

در این تحقیق، دستگاه تصویربرداری اسپکت Symbia T به منظور بررسی کنترل کیفیت مورد ارزیابی قرار گرفت و پارامترهای کنترل کیفی مانند رزولوشن فضایی و حساسیت

انجام آزمون‌های کنترل کیفی تجربی، نتایج را پیش بینی نمود و پارامترهای دیگر کنترل کیفیت اسپکت را بررسی کرد و این کار به طور قابل توجهی سبب کاهش خطا در سیستم و افزایش کیفیت تصاویر حاصل از اسپکت خواهد شد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی ندارند.

T با استفاده از کد مونت کارلوی SIMIND شبیه سازی شد و پارامترهای رزولوشن فضایی و حساسیت به روش شبیه سازی به دست آمد. در نهایت داده‌های حاصل از شبیه سازی با داده‌های تجربی مقایسه گردید. با توجه به خطای محاسبه شده، داده های حاصل از شبیه سازی و تجربی توافق بسیار خوبی با یکدیگر دارند و به یگدیگر نزدیک هستند. بنابراین با استفاده از روش شبیه سازی می توان بدون پرتوگیری و تحمیل هزینه ها، قبل از

Reference

- Madsen MT. Recent Advances in SPECT Imaging. Nuclear Medicine 2007; 48(8): 661.
- Bailey DL, Humm JL, Todd-Pokropek A, van Aswegen A. Nuclear Medicine Physics a Hand book for Teachers and Students. International Atomic Energy Agency Vienna International Centre. 2014.
- Wernick MN, Aarsvold JN. Emission Tomography: The Fundamentals of PET and SPECT. Elsevier Academic Press, California. 2004.
- Weisenberger A, Gleason S, Goddard J, Kross B, Majewski S, Meikle S, Paulus M, Pomper M, Popov V, Smith M. A restraint-free small animal SPECT imaging system with motion tracking. IEEE Transactions on Nuclear Science 2005; 52(3): 638.
- Islami rad SZ, Gholipour peyvandi R, Sadeghi MK. A GATE Monte Carlo model for a newly developed small animal PET scanner: the IRI-microPET. The Journal of Polish Society of Medical Physics 2019; 25(2).
- Dong X, Saripan MI, Mahmud R, Mashohor S, Wang A. Characterization of SIEMENS Symbia T SPECT camera in Monte Carlo simulation Environment. Pakistan Journal of Nuclear Medicine 2019; 8(1).
- Morphis M, van Staden JA, du Raan H, Ljungberg M. Modelling of energy dependent spectral resolution for SPECT Monte Carlo simulations using SIMIND. Heliyon 2021; 7 (12): e06097.
- Ejeh J, van Staden JA, du Raan H. Validation of SIMIND Monte Carlo simulation software form modelling a Siemens symbia T SPECT scintillation camera. IFMBE Proceedings 2018; 68 (1).
- Toossi MB, Islamian JP, Momenzhad M, Ljungberg M, Naseri SH. SIMIND Monte Carlo simulation of a single photon emission CT. Journal of Medical Physics. 2010;35(1):42-7.
- Abbaspour S, Mahmoudian B , Zakavi SR , Pirayesh Islamian J. A SIMIND Monte Carlo Simulation Study on CdTe and NaI (TI) Thickness as Detectors of a Small Animal SPECT System, Frontiers in Biomedical Technologies, 2022; 9(4): 307-315.
- Park CR, Kang SH, Lee Y. Similarity analysis of pixelated CdTe semiconductor gamma camera image using a quadrant bar phantom for nuclear medicine: Monte Carlo simulation study, Nuclear Engineering and Technology, 2021; 53(6):1947-1954.
- Ljungberg M. The SIMIND Monte Carlo program Home Page. Available from [<http://www2.msf.lu.se/simind>].