

## تعیین مدل محاسباتی تابش Skyshine به روش شبیه‌سازی Monte Carlo برای پیش‌بینی دز در نواحی مجاور مراکز پرتودرمانی

مینا ملک‌پور<sup>۱</sup>، پروانه شکرانی<sup>۲</sup>، علیرضا عموحیدری<sup>۳</sup>

### مقاله پژوهشی

### چکیده

**مقدمه:** در مجاورت بعضی از مراکز پرتودرمانی پرتوگیری محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده به علت پدیده‌ی Skyshine مغایرت دارد. هدف از انجام این تحقیق، تعیین مدل محاسباتی تابش Skyshine به روش شبیه‌سازی Monte Carlo برای پیش‌بینی دز در نواحی مجاور مراکز پرتودرمانی بود.

**روش‌ها:** شبیه‌سازی سر دستگاه شتاب دهنده‌ی خطی، هندسه‌ی Skyshine و محاسبه‌ی دز Skyshine در فواصل و ارتفاع‌های مختلف برای ضخامت‌های مختلف سقف با استفاده از کد Monte Carlo N-Particle eXtended (MCNPX) انجام شد. نتایج شبیه‌سازی با اندازه‌گیری اعتبارسنجی شد و با نتایج مدل National Council on Radiation Protection-151 (NCRP-۱۵۱) مقایسه گردید.

**یافته‌ها:** نتایج توزیع دز در مدل شبیه‌سازی شده‌ی Skyshine برای همه‌ی ضخامت‌های سقف و در همه‌ی ارتفاع‌ها از سطح زمین، نشان دهنده‌ی افزایش دز تا فاصله‌ی حدود ۱۰ متری از ایزوستتر و سپس کاهش آن در فواصل بیشتر بود. در حالی که مقادیر دز در مدل NCRP151 به طور پیوسته با فاصله کاهش می‌یابد و مقدار دز در هر نقطه، حدود ۵۰ مرتبه از مقادیر شبیه‌سازی شده بزرگ‌تر بود. روند کاهش دز در هر دو روش با عکس مجذور فاصله متناسب بود.

**نتیجه‌گیری:** از مدل ساخته شده در این تحقیق، می‌توان برای پیش‌بینی مقدار دز Skyshine در هنگام طراحی مراکز پرتودرمانی استفاده نمود. از برتری‌های مدل شبیه‌سازی Skyshine، می‌توان به توانایی مدل برای محاسبه‌ی دز در همه‌ی نواحی خارج و داخل اتاق درمان، بررسی تأثیر پارامترهایی نظیر ضخامت سقف و ارتفاع از سطح زمین و تعیین نقطه‌ی بیشینه‌ی دز اشاره نمود.

**واژگان کلیدی:** محاسبه‌ی تابش، شبیه‌سازی Monte Carlo، شتاب دهنده‌ی خطی، حفاظت پرتویی

### ارجاع: ملک‌پور مینا، شکرانی پروانه، عموحیدری علیرضا. تعیین مدل محاسباتی تابش Skyshine به روش شبیه‌سازی Monte Carlo برای

پیش‌بینی دز در نواحی مجاور مراکز پرتودرمانی. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۳۹۶؛ ۳۵ (۴۳۰): ۵۴۵-۵۵۰

طراحی حفاظت بوده است (۱). علت مغایرت پرتوگیری پیش‌بینی شده در محاسبات، با مقادیر اندازه‌گیری شده در مجاورت مراکز پرتودرمانی با مطرح کردن پدیده‌ی Skyshine روشن گردید. Skyshine به پرتوهایی می‌گویند که در جهت عمودی از سقف عبور می‌کنند و در جو بالای ساختمان پراکنده می‌شوند و به سطح زمین باز می‌گردند (۱) و دز تابش را به ناحیه‌ی عمومی خارج از اتاق پرتودرمانی منتقل می‌کنند (۱).

نتایج مطالعات در زمینه‌ی پیش‌بینی دز Skyshine با مدل محاسباتی National Council on Radiation Protection-151

### مقدمه

در طراحی تأسیسات جدید پرتودرمانی، حفاظت نواحی مجاور اتاق‌های شتاب دهنده بر اساس کاربری هر ناحیه و با تعیین ضخامت‌های دیوارها انجام می‌گیرد. در صورتی که از فضای بالای سقف اتاق استفاده نشود، ممکن است اصول حفاظت پرتو در تعیین ضخامت سقف اتاق مورد توجه قرار نگیرد. در مطالعات متعددی نشان داده شده است که در صورت کافی نبودن ضخامت سقف، با وجود طراحی مناسب دیوارها، سطح پرتوگیری اندازه‌گیری شده در مجاورت مراکز پرتودرمانی بیش از مقدار پیش‌بینی شده در محاسبات

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- متخصص رادیوتراپی و آنکولوژی، بخش آنکولوژی و رادیوتراپی، بیمارستان میلاد، اصفهان، ایران

نویسنده‌ی مسؤول: پروانه شکرانی

ساخت PTW آلمان انجام شد. اطلاعات فضای مرحله‌ی مدل شبیه‌سازی شده شامل مشخصات پرتوهای خروجی از شتاب دهنده، برای زاویه‌ی گانتری ۱۸۰ درجه در ایزوستر ذخیره گردید و در مرحله‌ی بعد استفاده شد.

#### شبیه‌سازی اتاق شتاب دهنده و هندسه‌ی Skyshine اتاق

شتاب دهنده‌ی خطی شامل شبیه‌سازی دیوارها تا ارتفاع ۳ متر بالای سقف و تا ۱۴ متر اطراف دیوارهای اتاق درمان، شبیه‌سازی شد. سپس، توزیع دز Skyshine بر حسب فاصله از ایزوستر و ارتفاع‌ها از سطح زمین محاسبه شد (شکل ۱). ایزوستر نقطه‌ای در فاصله‌ی ۱۰۰ سانتی‌متری از چشمه (Target) است. برای شبیه‌سازی مدل Skyshine از کامپیوتر با پردازنده‌ی Core i7 اینتل با ۸ پردازنده‌ی ۳/۶۰ گیگ‌ساهرتر و Random-access memory (RAM) ۳/۶۰ گیگابایت استفاده شد و هر دوره پردازش حدود ۲ ساعت به طول انجامید.

برای اعتبارسنجی شبیه‌سازی، آهنگ پرتوگیری اندازه‌گیری شده با مقادیر به دست آمده از شبیه‌سازی Monte Carlo مقایسه گردید. اندازه‌گیری با اتاقک یونش حجم بزرگ (Large volume ionization chamber) مدل ۲۵۷۵ (Nuclear Enterprises LTD) به حجم ۶۰۰ سی‌سی و آشکارساز گایگر انجام شد. کالیبراسیون آشکارساز، در آزمایشگاه (SSDL) Secondary Standards Dosimetry Laboratories سازمان انرژی اتمی ایران انجام شد. ضریب تصحیح دستگاه،  $C.F = 1/0.0 \pm 0.1/0$  برآورد شد. برای کاهش خطا، برای هر نقطه، ۳ بار اندازه‌گیری و میانگین آن محاسبه گردید.

#### محاسبه‌ی دز Skyshine با استفاده از مدل NCRP151

مقادیر قابل انتظار تابش Skyshine بر اساس گزارش NCRP-۱۵۱ از رابطه‌ی (۱) به دست آمد:

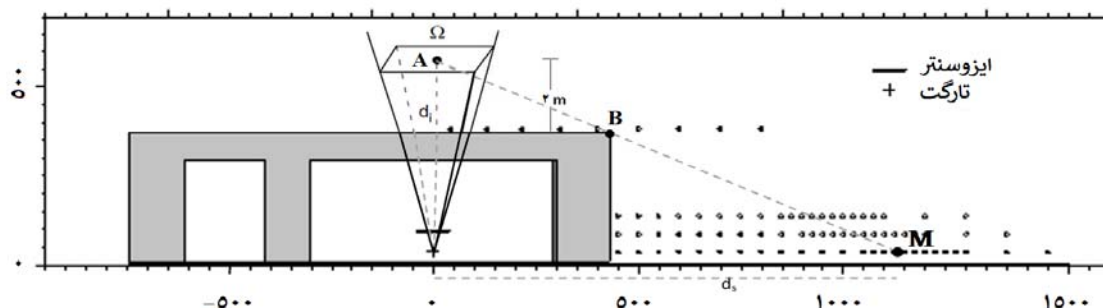
$$\dot{H} = \frac{2.5 \times 10^7 (BD_0 \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad (1)$$

(NCRP-۱۵۱) (۲) نشان می‌دهد که عوامل مؤثر بر مقدار دز Skyshine شامل ضخامت سقف و ارتفاع از سطح زمین و فاصله از ایزوستر است. این نتایج، نشان داده است که مقادیر محاسبه شده‌ی Skyshine با مقادیر اندازه‌گیری شده توافق ندارد (۱-۳). از آن جایی که دز Skyshine باعث افزایش پرتوگیری افراد در خارج از تأسیسات پرتودرمانی می‌شود، پیش‌بینی مقدار واقعی آن در زمان طراحی مراکز پرتودرمانی برای حفاظت عموم مردم (افراد غیر پرتوکار) که در مجاورت بخش پرتودرمانی به سر می‌برند، اهمیت دارد. هدف از انجام این مطالعه، تعیین مدل محاسباتی سطح تابش Skyshine برای پرتوی فوتون در نواحی مجاور تأسیسات شتاب دهنده‌ی پرتودرمانی به روش شبیه‌سازی Monte Carlo بود.

#### روش‌ها

ابتدا، مدل پرتوی فوتون ۶ مگا‌ولت شتاب دهنده شبیه‌سازی شد و با مقایسه‌ی توزیع دز محاسبه شده برای این مدل و توزیع دز اندازه‌گیری شده، اعتبارسنجی گردید. سپس، هندسه‌ی تابش Skyshine شبیه‌سازی شد و با استفاده از مدل پرتوی فوتون تأیید شد و توزیع دز Skyshine محاسبه گردید. نتایج شبیه‌سازی Skyshine با مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج مدل محاسباتی NCRP مقایسه گردید.

**شبیه‌سازی سر دستگاه شتاب دهنده:** شبیه‌سازی سر دستگاه شتاب دهنده‌ی خطی Compact (شرکت Elekta) برای فوتون با انرژی ۶ مگا‌ولت با استفاده از کد Monte Carlo N-Particle eXtended (MCNPX) انجام شد. برای اطمینان از مدل ساخته شده، منحنی‌های درصد دز عمقی (Percentage depth dose یا PDD) و پروفایل برای میدان  $40 \times 40$  سانتی‌متر مربع و فاصله‌ی چشمه تا پوست (Source surface distance یا SSD) معادل ۱۰۰ سانتی‌متر محاسبه و با اندازه‌گیری مقایسه شد. اندازه‌گیری توزیع دز در فانتوم آب (Scanditronix RFA) و آشکارساز، اتاقک یونش Semiflex

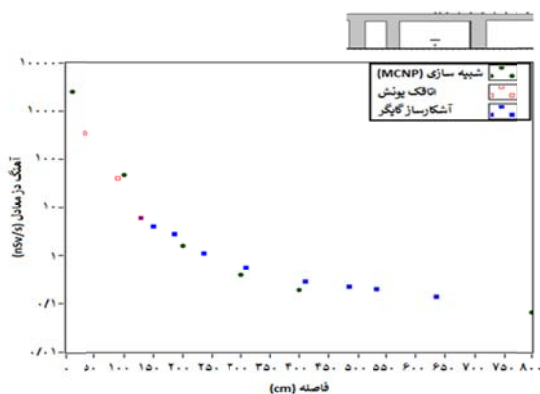


شکل ۱. نمای هندسه‌ی شبیه‌سازی شده‌ی اتاق درمان و تعدادی از نقاط اندازه‌گیری (مقیاس بر حسب سانتی‌متر)؛ زاویه‌ی گانتری ۱۸۰ درجه و ارتفاع ایزوستر از سطح زمین ۱۳۱ سانتی‌متر است.

درصد اختلاف با رابطه‌ی (۳) محاسبه شد (۵):

$$(3) \quad 100 \times \frac{\text{اندازه گیری} - \text{محاسبه}}{\text{اندازه گیری}}$$

مقادیر سطح تابش Skyshine در نقاط مختلف (مطابق هندسه‌ی نشان داده شده در شکل ۱) در خارج از اتاق درمان محاسبه شد. شکل ۳، مقایسه‌ی توزیع دز شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده را به صورت تابعی از فاصله از ایزوستر نشان می‌دهد.



MNCP: Monte Carlo N-Particle

شکل ۳. توزیع دز شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده با اتاقک یونش و آشکارساز گایگر. زاویه‌ی گانتری ۱۸۰ درجه و ارتفاع ایزوستر از سطح زمین ۱۳۱ سانتی‌متر است. محور X، فواصل افقی از ایزوستر را نشان می‌دهد. شبیه‌سازی و اندازه‌گیری در بالای بام اتاق شتاب دهنده انجام گردید. ضخامت سقف برابر با ضخامت واقعی سقف اتاق و معادل ۸۰ سانتی‌متر است و چندین متر از هر طرف امتداد دارد. شکل داخل منحنی مقطع اتاق و محل نقاط اندازه‌گیری شده بر روی بام را نشان می‌دهد.

مقایسه‌ی توزیع دز معادل اندازه‌گیری و شبیه‌سازی که در شکل ۳ نیز آمده است، نشان می‌دهد که مقادیر حاصل از شبیه‌سازی با مقادیر اندازه‌گیری، توافق دارد.

شکل ۴ الف-د، توزیع دز خارج از اتاق درمان را برای ضخامت‌های مختلف سقف (۲، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر بتن معمولی با چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم/مترمکعب) و در ارتفاع‌های مختلف از سطح زمین (۳۱، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر) که با مدل شبیه‌سازی شده در این تحقیق و با مدل NCRP151 محاسبه شده‌اند، مقایسه می‌کند. وقتی گانتری به اندازه‌ی ۱۸۰ درجه بچرخد (پرتو به طرف سقف حرکت کند)، چشمه‌ی پرتو (Target) در ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر و ایزوستر در ارتفاع ۱۳۱ سانتی‌متر از سطح زمین قرار می‌گیرد. با افزایش ضخامت سقف، دز رسیده به سطح زمین کاهش می‌یابد. این امر در ده‌های خیلی کم، سبب افزایش خطا در نتایج شبیه‌سازی می‌شود.

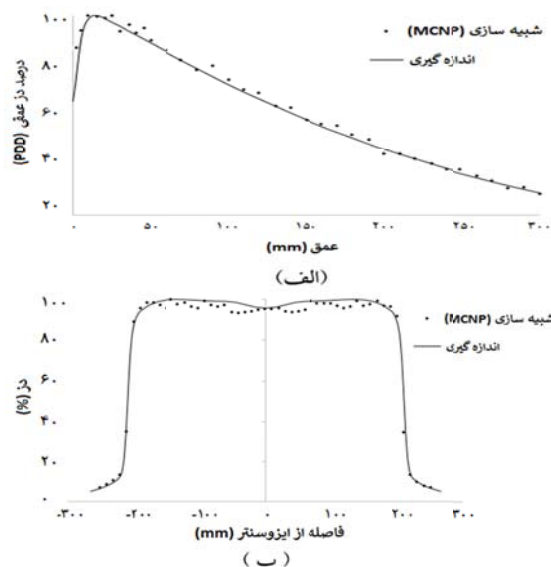
که در آن  $\Omega$  زاویه‌ی فضایی دسته‌ی پرتو،  $d_i$  فاصله‌ی عمودی از هدف تا نقطه‌ای در ۲ متری بالای سقف،  $d_s$  فاصله‌ی افقی از ایزوستر تا نقطه‌ی اندازه‌گیری،  $D_0$  آهنگ خروجی دز جذبی در ۱ متری از Target و B عامل عبور از حفاظ سقف است. ضریب عبور سقف با رابطه‌ی (۲) تعیین می‌شود (۴):

$$(2) \quad B = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{t - TVL_1}{TVL_e}\right]\right\}}$$

که در آن،  $TVL_1$  و  $TVL_e$  به ترتیب اولین و دومین لایه‌ی نیم‌دهم کننده برای بتون معمولی هستند که مقادیر آن‌ها برای انرژی ۶ مگا‌ولت به ترتیب ۳۷ و ۳۳ سانتی‌متر است (۴).

### یافته‌ها

پس از شبیه‌سازی سر دستگاه شتاب دهنده‌ی خطی، برای اطمینان از مدل ساخته شده، PDD و پروفایل محاسبه و با اندازه‌گیری مقایسه شد. شکل ۲ الف و ب، به ترتیب منحنی PDD و پروفایل را نشان می‌دهند. مقادیر درصد اختلاف بین منحنی درصد دز عمقی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده کمتر از ۱ درصد و مقادیر درصد اختلاف بین پروفایل‌های دز اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در ناحیه‌ی داخل میدان کمتر از ۲ درصد بود که قابل پذیرش است و توافق قابل قبولی بین مقادیر دز محاسبه و اندازه‌گیری شده وجود داشت (۵).



MNCP: Monte Carlo N-Particle

شکل ۲. مقایسه‌ی منحنی درصد دز عمقی و پروفایل اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده برای انرژی ۶ مگا‌ولت در میدان باز  $40 \times 40$  سانتی‌متر مربع و Source surface distance (SSD) معادل ۱۰۰ سانتی‌متر در آب. الف) منحنی درصد دز عمقی. ب) منحنی پروفایل در عمق ۵ سانتی‌متر

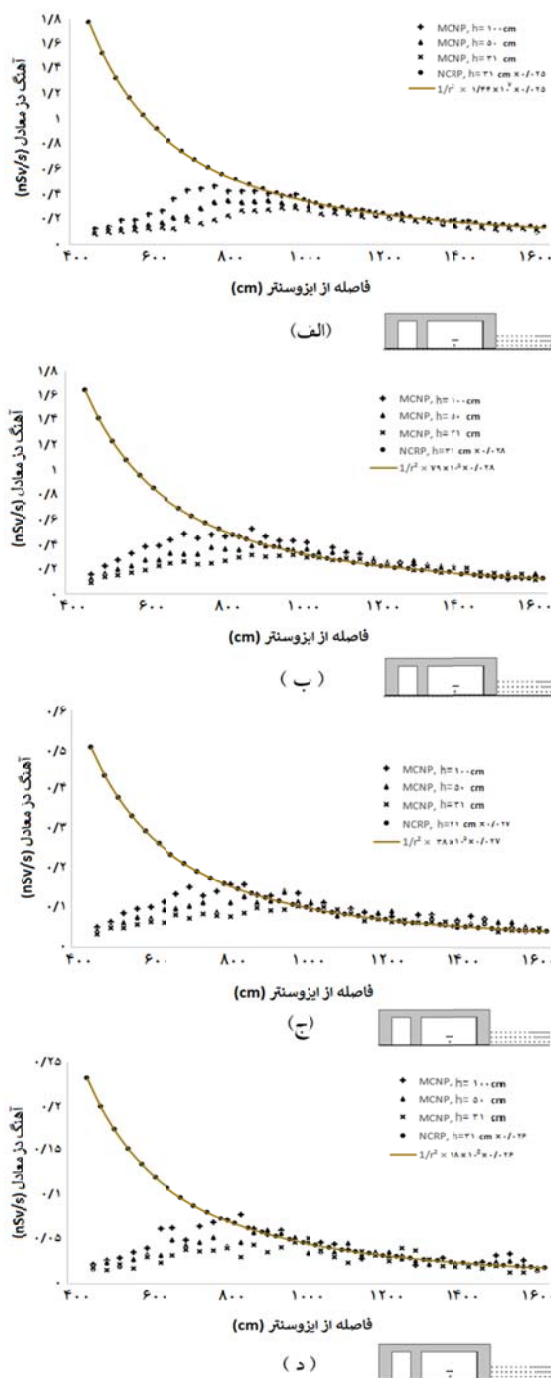
## بحث

هدف از انجام این مطالعه، توسعه‌ی یک مدل محاسباتی جامع برای تخمین و بررسی دز Skyshine در نواحی مجاور اتاق‌های شتاب دهنده‌ی خطی در مراکز پرتودرمانی بود. در این تحقیق، پس از اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی Skyshine به روش Monte Carlo، توزیع دز Skyshine بر حسب فاصله از اتاق با تغییر ضخامت سقف و ارتفاع از سطح زمین بررسی شد و با نتایج محاسبات انجام شده با استفاده از مدل NCRP-۱۵۱ مقایسه گردید. پس از شبیه‌سازی سر دستگاه شتاب دهنده‌ی خطی، برای اطمینان از مدل ساخته شده، منحنی‌های PDD و پروفایل میدان تابش محاسبه شده با منحنی‌های اندازه‌گیری شده مقایسه شد (شکل ۲ الف و ب). درصد اختلاف مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده برای ناحیه‌ی داخل میدان ۱/۶۳ درصد، ناحیه‌ی نیم سایه ۹/۷ درصد و خارج لبه‌ی هندسی میدان ۵/۰ درصد بود که اعتبار شبیه‌سازی را تأیید می‌کند.

برای اعتبارسنجی مقادیر دز Skyshine شبیه‌سازی شده، آهنگ دز محاسبه شده در فواصل مختلف از ایزوستر و در ارتفاع پشت‌بام، با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه گردید (شکل ۳). درصد اختلاف کمتر از ۶ درصد بود که توافق شبیه‌سازی با اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

برای بررسی تأثیر ضخامت سقف بر دز Skyshine، تغییرات دز Skyshine با فاصله از ایزوستر و در ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر از سطح زمین (ارتفاع Target)، با شبیه‌سازی Skyshine و با روابط مدل NCRP-۱۵۱ محاسبه و با یکدیگر مقایسه گردید (شکل ۴). نتایج توزیع دز در مدل شبیه‌سازی شده‌ی Skyshine برای همه‌ی ضخامت‌های سقف و در همه‌ی ارتفاع‌ها از سطح زمین نشان دهنده‌ی افزایش دز تا فاصله‌ی ۸-۱۰ متری از ایزوستر و سپس، کاهش آن در فواصل بیشتر است که با نتایج مطالعات مشابه هم‌خوانی دارد (۶، ۱). در حالی که مقادیر دز در مدل NCRP-۱۵۱ به طور پیوسته با فاصله کاهش می‌یابد و مقدار دز در هر نقطه حدود ۵۰ مرتبه از مقادیر شبیه‌سازی شده بزرگ‌تر بود. به عبارت دیگر، با اعمال یک عامل تصحیح حدود ۰/۰۲، مقادیر مدل محاسباتی NCRP بر مقادیر مدل شبیه‌سازی شده در این تحقیق منطبق می‌شوند. روند کاهش دز با فاصله که در هر دو روش با عکس مجذور فاصله متناسب است، در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (۱). با این که پارامتر ضخامت سقف در معادلات مدل NCRP-۱۵۱ وجود دارد، اما در مطالعات مشابه، تأثیر ضخامت سقف بر توزیع دز Skyshine بررسی نشده است.

به طور کلی، مطالعات نشان داده است که نتایج محاسبات با استفاده از معادلات NCRP-۱۵۱ هم‌خوانی چندانی با مقادیر مشاهده شده ندارند (۲). da Rosa و de Paiva نشان دادند که مقادیر محاسبه



MNCP: Monte Carlo N-Particle

شکل ۴. توزیع دز در خارج از اتاق شتاب دهنده بر حسب فاصله‌ی افقی

از ایزوستر محاسبه شده با شبیه‌سازی با مدل

National Council on Radiation Protection-151

(NCRP-۱۵۱) با تابع عکس مجذور فاصله  $1/r^2$  در ارتفاع‌های (h) ۳۱،

۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر از سطح زمین الف) ضخامت سقف ۲۰ سانتی‌متر، ب)

ضخامت سقف ۱۰ سانتی‌متر، ج) ضخامت سقف ۲۰ سانتی‌متر و د)

ضخامت سقف ۳۰ سانتی‌متر از جنس بتن معمولی

(چگالی ۲۳۰۰ کیلوگرم/متر مکعب)

ضخامت سقف و کم شدن پرتوهای عبوری از سقف افزایش می‌یابد. در این تحقیق، با دو مرحله‌ای کردن شبیه‌سازی از شدت این محدودیت کاسته شد.

در نهایت، نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی مدل Skyshine تطابق خوبی با اندازه‌گیری نشان داد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که دز Skyshine به تدریج تا یک مقدار بیشینه افزایش می‌یابد و سپس، به صورت ضربی از مجذور فاصله کاهش می‌یابد. از این مدل، می‌توان برای پیش‌بینی مقدار دز Skyshine در هنگام طراحی مراکز پرتودرمانی استفاده نمود. از برتری‌های مدل شبیه‌سازی Skyshine می‌توان به توانایی مدل برای محاسبه‌ی دز در همه‌ی نواحی خارج و داخل اتاق درمان، بررسی تأثیر پارامترهایی نظیر ضخامت سقف و ارتفاع از سطح زمین و تعیین نقطه‌ی بیشینه‌ی دز اشاره نمود.

### تشکر و قدردانی

این مقاله، برگرفته از طرح پژوهشی به شماره‌ی ۳۹۴۴۸۰ مصوب در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. از آقای مهندس منادی برای فراهم کردن بخشی از مقادیر اندازه‌گیری سپاسگزاری می‌گردد.

شده با NCRP-۱۵۱ حدود ۱۰ مرتبه یا بیشتر، از مقادیر اندازه‌گیری شده بزرگ‌تر هستند (۳). با این که گزارش شده است توافق بین این دو مدل، در اندازه‌ی میدان بزرگ‌تر، بهتر است (۶)، اما در مطالعه‌ی حاضر که با بزرگ‌ترین اندازه‌ی میدان (۴۰ × ۴۰ سانتی‌متر مربع) انجام گردید، مشخص شد که همچنان عدم توافق نتایج مدل NCRP-۱۵۱ با مقادیر واقعی، وجود دارد. نظر به این که فوتون‌های Skyshine در مجاورت اتاق درمان دارای انرژی در حد کیلو الکترون‌ولت هستند و کاهش انرژی باعث افزایش جذب می‌شود و با توجه به این که در شبیه‌سازی همه‌ی پارامترها از جمله انرژی فوتون‌های Skyshine در نظر گرفته می‌شوند، اما در محاسبات NCRP تغییرات انرژی لحاظ نشده است، می‌تواند سبب اختلاف یافته‌های این دو مطالعه شود.

با استفاده از مدل شبیه‌سازی Skyshine که در این مطالعه توسعه و اعتبارسنجی شد، می‌توان دز Skyshine را در هر موقعیت تخمین زد، در صورتی که مدل NCRP تنها مقادیر را در امتداد Target پیش‌بینی می‌کند. یکی از محدودیت‌های استفاده از روش شبیه‌سازی Monte Carlo، مدت زمان طولانی محاسبات است که به هندسه‌ی گسترده‌ی Skyshine مربوط می‌شود. این محدودیت، با افزایش

### References

1. Elder DH, Harmon JF, Borak TB. Skyshine radiation resulting from 6 MV and 10 MV photon beams from a medical accelerator. *Health Phys* 2010; 99(1): 17-25.
2. McGinley PH. Radiation skyshine produced by an 18 MeV medical accelerator. *Radiat Prot Manage* 1993; 10: 59-64.
3. de Paiva E, da Rosa LA. Skyshine photon doses from 6 and 10 MV medical linear accelerators. *J Appl Clin Med Phys* 2012; 13(1): 3671.
4. Morgan H. NCRP Report 151 Structural shielding design and evaluation for megavoltage x-and gamma-ray radiotherapy facilities. *J Radiol Prot* 2006; 26(3): 349.
5. Wieslander E. Verification of dose calculation algorithms in treatment planning systems for external radiation therapy: A monte carlo approach [Thesis]. Lund, Sweden: Medical Radiation Physics, Lund University; 2006.
6. Gossman MS, McGinley PH, Rising MB, Pahikkala AJ. Radiation skyshine from a 6 MeV medical accelerator. *J Appl Clin Med Phys* 2010; 11(3): 3032.

## Monte Carlo Modeling of Skyshine Dose Distribution in Vicinity of Medical Accelerator Facilities

Mina Malekpour<sup>1</sup>, Parvaneh Shokrani<sup>2</sup>, Alireza Amouheidari<sup>3</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Background:** In the vicinity of some of radiation therapy centers, measured exposure may not agree with calculated values due to the skyshine phenomenon. The aim of this study was to determine a computational model to predict the dose of radiation skyshine via Monte Carlo simulations.

**Methods:** The simulation of linear accelerator head, skyshine geometry, and skyshine dose calculation at several heights and for different roof thicknesses was done using Monte Carlo N-Particle eXtended (MCNPX) code. The simulation results were validated via measuring and then were compared with the Council on Radiation Protection-151 (NCRP151) model results.

**Findings:** The results of dose distribution in skyshine simulated model for all thicknesses of roof and every height from ground level showed an increase in the dose up to about 10 meters distance from the isocenter and then a decrease by distance from the isocenter; while the dose in the NCRP151 model, continuously decreases by distance. In addition, the amount of dose in each point was around 50 times larger than the simulated values. Dose reduction in both methods was proportional to the inverse-square.

**Conclusion:** The model developed in this study can be used to predict the skyshine dose when designing a radiotherapy facility. The developed model is superior to the NCRP151 model due to its ability to calculate the dose in every point, inside and outside of treatment room, to investigate the influence parameters such as ceiling thickness and height from ground level and to determine the point with maximum dose.

**Keywords:** Radiometry, Monte Carlo method, Linear accelerators, Radiation protection

**Citation:** Malekpour M, Shokrani P, Amouheidari A. **Monte Carlo Modeling of Skyshine Dose Distribution in Vicinity of Medical Accelerator Facilities.** J Isfahan Med Sch 2017; 35(430): 545-50.

1- MSc Student, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Radiation Oncologist, Department of Oncology and Radiotherapy, Milad Hospital, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Parvaneh Shokrani, Email: shokrani@med.mui.ac.ir