

## طراحی نرم افزار رایانه‌ای جهت محاسبه حفاظت اضافی مورد نیاز بخش‌های پرتونگاری تشخیصی

سعید سرکار \*\*(Ph.D.) سید علی رحیمی \*(M.Sc.)  
محمدجواد ابوالحسنی \*\*\*(M.Sc.) شکرای سالار \*\*(Ph.D.)

### چکیده

**سابقه و هدف :** حفاظت‌گذاری ساختمانی در بخش‌های پرتونگاری تشخیصی، معمولاً بر اساس پیشنهادات شورای ملی اندازه‌گیری و حفاظت در برابر تابش (NCRP49) اجرا می‌شود. در این پروژه با طراحی نرم افزار کامپیوتري، بر اساس مدل ترکیبی (Simpkin) که تضعیف پرتوهای ناشی از مصالح و تأسیسات ساختمانی که از قبل در محل موجود می‌باشند و استفاده هم زمان از چند منبع پرتونگاری در پتانسیل‌های مختلف را مد نظر دارد (برخلاف روش‌های دیگر)، حفاظت اضافی مورد نیاز محاسبه گردید.

**مواد و روش‌ها :** در نرم افزار طراحی شده جهت تعیین ضخامت حفاظت اضافی از اطلاعات مربوط به نمودارهای تضعیف تابش، حد دز مجاز منطقه مورد بررسی، حجم کار هفتگی، ضریب کاربرد، ضریب اشغال، فاصله منطقه اشغال شده از منبع اشعه و بیمار، حد دز معادل هفتگی (p) براساس نوع منطقه، جنس مصالح ساختمانی، ضخامت حفاظت ساختمانی موجود، زاویه پراکندگی، میزان مجاز نشت پرتو و میدان تابش استفاده گردید. در مرحله بعد یک بانک اطلاعاتی از تمام ضرایب جداول و نمودارهای مورد نیاز، که با استاندارد حفاظت‌گذاری مطابقت دارد ایجاد شد. معادلات حفاظت‌گذاری، به زبان (visual Basic) پیش‌رفته که تحت ویندوز نیز می‌باشد، تبدیل گردید. اطلاعات و متغیرهای مورد نیاز به نرم افزار داده شد و سپس با استفاده از نمودارهای تضعیف که به صورت بانک‌های اطلاعاتی می‌باشد تبدیل شد و نیز با استفاده از معادلات حفاظت‌گذاری، حفاظت اضافی مورد نیاز با دقت و در زمان اندک محاسبه گردید.

**یافته‌ها :** نتایج این پروژه، با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در بخش پرتو نگاری، حاکی از این است که در اکثر موارد در بخش‌های پرتونگاری حفاظت مورد نیاز به کار نرفته و در مواردی نیز بیش از حد نیاز حفاظت‌گذاری شده است. در حالتی که ضریب کاربرد مخالف صفر باشد، ضخامت حفاظت مورد نیاز با روش NCRP49 حدود ۲۰ درصد کم تر از مقدار مورد نیاز محاسبه می‌شود، که در این بررسی تخمین نادرست NCRP49 اصلاح شد. در حالتی که ضریب کاربرد برابر با صفر باشد (یعنی تنها مانع ثانویه مد نظر است) ضخامت حفاظت مورد نیاز در حدود ۱۵ درصد کم تر از ضخامت مانع سریع و در حفاظت بتونی مقدار ۸ درصد کم تر از ضخامت محاسبه شده روش McGuire می‌باشد؛ به طوری که تخمین بیش از حد حفاظت مورد نیاز روش McGuire نیز در این نرم افزار پیشنهادی اصلاح شد.

**استنتاج :** نتایج نشان داد که اختلاف بین مقادیری که محاسبات تئوری پیش‌بینی می‌کند با نتایج نرم افزار به کار رفته در این پروژه، مضری ناچیز از  $\chi^2 = 10^{-5}$  می‌باشد که نشان دهنده دقت و صحبت بالای کارآیی این نرم افزار می‌باشد.

### واژه‌های کلیدی : پرتونگاری تشخیصی ، حفاظت اضافی ، نمودارهای تضعیف ، مصالح ساختمانی

\* کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی مازندران      ☐ ساری: کیلوتر خزرآباد-دانشگاه بهداشت

\*\* متخصص فیزیک پزشکی، اعضای هیئت علمی و استادیار دانشگاه علوم پزشکی تهران      \*\*\* کارشناس ارشد فیزیک پزشکی بیمارستان ۱۷ شهریور آمل

تاریخ دریافت: ۸۳/۰۱/۱۶      تاریخ تصویب: ۸۳/۰۱/۱۳      تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۳/۰۱/۱۳

## مقدمه

روش‌های تحلیلی دیگری برای طراحی حفاظت ساختمانی در برابر تابش برای تأسیسات x-ray تشخیصی به کار گرفته شده است<sup>(۳)</sup>.

بررسی به عمل آمده نشان داد نرم‌افزارهای طراحی شده بر پایه گزارش NCRP49 قادر به محاسبه دقیق حفاظت اضافی مورد نیاز نمی‌باشد. Archer و همکاران (۱۹۸۳) با ارائه یک مدل جدید تخمین‌های نادرست مدل ۴۹ NCEP49 را اصلاح نمودند<sup>(۱)</sup>. آن‌ها روشنی را برای تعیین دقیق ضخامت مانع ثانویه‌مورد نیاز برای کاهش پرتوگیری تا حد مجاز (MPD) را ارائه نمودند. بررسی به عمل آمده نشان داد نرم افزار طراحی شده Archer و همکاران (۱۹۸۳) نیز به دلیل در نظر نگرفتن وجود چند منبع پرتوگاری که در یک اتاق واحد بهره‌برداری می‌شوند و در نظر نگرفتن حفاظت اضافی موجود قادر به محاسبه دقیق حفاظت اضافی مورد نیاز نمی‌باشد<sup>(۴)</sup>.

روش پیشنهادی Archer توسط McGuire (۱۹۸۶) بررسی و تکمیل شد. McGuire روشنی جهت انجام محاسبه حفاظت در اتاق‌های تشخیصی که از منابع چند گانه تابش تحت پتانسیل (Kvp) یکسان استفاده می‌کنند ارائه نمود. محقق یک راه حل عمومی برای محاسبه حفاظت اضافی مورد نیاز که باید به حفاظت اولیه موجود افزوده شود را نیز پیشنهاد داد. بررسی به عمل آمده نشان داد نرم‌افزار طراحی شده بر پایه مدل McGuire به دلیل در نظر نگرفتن سخت‌افزارهای موجود در بخش‌های پرتوشناختی (کاست، نگه دارنده‌های کاست، میز پرتوگاری) قادر به محاسبه دقیق حفاظت اضافی نمی‌باشد. ضمن این که بر پایه این مدل چند منبع x-ray که در یک اتاق واحد استفاده می‌شوند، همگی تحت پتانسیل یکسان در نظر گرفته می‌شوند، که در غالب موارد این طور نخواهد بود<sup>(۵)</sup>. Simpkin و همکاران (۱۹۹۶) مدل‌های مذکور را در هم ترکیب کرده و یک مدل ترکیبی ایجاد نمودند<sup>(۶)</sup>. در این مدل ترکیبی با در نظر گرفتن

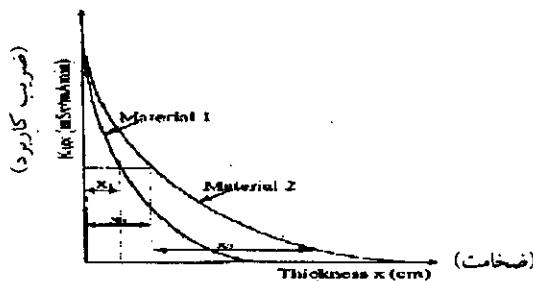
اشعه X قسمتی از طیف الکترومغناطیسی است که خاصیت یون سازی دارد. به دلیل آثار مخرب پرتوهای یونیزان ناشی از دستگاه‌های اشعه X، قوانین بین‌المللی در مورد کنترل و حفاظت در برابر پرتو، برای بیماران و کارکنان، در بخش‌های پرتوگاری (x-ray) وجود دارد<sup>(۱)</sup>. در حال‌های اخیر، بدلیل خطرات ناشی از تابش گیری بیش از حد مجاز و اثرات مخرب آن، ضرورت تعیین استانداردهای حفاظت گذاری جهت کاهش پرتو دهنده به بیماران و کارکنان و رعایت اصول حفاظت در برابر پرتو به طور جدی توسط متخصصین فیزیک پزشکی مورد بررسی قرار گرفته است. تعیین استانداردهای حفاظت گذاری در بخش‌های پرتو نگاری اولین بار در شورای ملی اندازه گیری و حفاظت در برابر تابش (NCRP49)<sup>(۱)</sup> گزارش شد. پیش از این روش‌های تحلیلی دیگری برای طراحی حفاظت مورد استفاده قرار می‌گرفت که به علت عدم کارایی مناسب، محاسبه نادرست حفاظت مورد نیاز در حال حاضر استفاده نمی‌شوند.

در NCRP49 فرض بر این است که پرتوهای اولیه که از منبع x-ray خارج می‌شوند مستقیماً به مصالح ساختمانی برخورد می‌کنند و از تضعیف پرتو اولیه توسط بیمار و سخت‌افزارهای مربوطه (نظیر کاست، نگه دارنده‌های کاست، تیوب پرتو X و میز پرتوگاری) صرف نظر شده است<sup>(۲)</sup>. هم چنین حفاظت اولیه در حالت حداکثر پتانسیل بهره برداری در نظر گرفته شده و برای مقادیر پایین Kvp (نظیر ماموگرافی) توضیح داده نشده است، ضمن این که به داده‌های تضعیف در ژنراتورهای سه‌فاز، که امروزه بیش ترین استفاده را در منابع x-ray دارند نیز اشاره نشده است<sup>(۳)</sup>.

طراحی حفاظت برای تأسیسات x-ray تشخیصی، عموماً براساس اصل ALARA<sup>(۷)</sup> انجام می‌شود. این اصل به این معنی است که میزان پرتو دریافتی براساس ملاحظات فنی و اقتصادی هر چه کم تر باشد، بهتر است. اخیراً

1. National Council on Radiation Protection and Measurements(NCRP)  
2. According to this all exposure shall be kept As Low As Reasonably Achievable.

که  $(x) P$  کل پرتودهی هفتگی ناشی از یک منبع  $x$ -ray در نقطه ای پشت حفاظت با ضخامت  $x$  است. ضمن اینکه  $(x) P$  با حداقل دز مجاز (MPD) طراحی جهت حفاظت کافی مساوی می‌باشد<sup>(۶)</sup>. مقادیر  $K$  (تعداد رنگن‌ها به ازای یک میلی آمپر در دقیقه در هفتگه در یک متری) پارامتر دهی شده منطبق با مدل آرشر بوده و به نوع ماده، ضخامت آن و مقادیر کیلو ولتاژ  $Kvp$  بستگی دارد<sup>(۱)</sup>.  $x_1$  ضخامت ماده یک است که باید در مقابل حفاظت موجود ۲ با ضخامت  $x_2$  اضافه شود تا پرتوگیری در نقطه پشت مانع حفاظتی برابر با حداقل دز مجاز شود<sup>(۷)</sup>. نمودار شماره ۱ انتقال یکسان تابش  $x$ -ray از ماده ۲ با ضخامت  $x_3$  را نشان می‌دهد<sup>(۷)</sup>.



نمودار شماره ۱: نایش کینی انتقال پرتوهای اولیه و پراکنده از طریق ۲ ماده مختلف می‌باشد

به طور خلاصه هنگامی که تعدادی (M) تیوب  $x$ -ray تابش‌های مختلفی تشعشع نمایند، در صورت وجود حفاظت ناشی از مصالح ساختمانی، پرتوگیری در نقطه‌ای پشت دیوار حفاظتی با ترکیب مدل‌های پیشنهادی McGuire

Archer و Simpkin عبارت است از:

$T_{2j}$  انتقال تابش اولیه یا پراکنده با کیفیت ز از ماده ثانویه می‌باشد و در صورتی که از قبل در محل حفاظت موجود نباشد برابر با یک می‌شود. (یعنی  $X_2 = 0$ ).<sup>(۷-۱۰)</sup>

$$P_T = \sum_{j=1}^M \left[ \left( \frac{K_{uj} x_1}{K_{0j}} \right) T_{2j} (P_p + P_s) + \exp \left( \frac{-x_1 \ln 2}{HVL_{1j}} \right) \exp \left( \frac{-x_2 \ln 2}{HVL_{2j}} \right) P_L \right] \quad (3)$$

تضییغ مصالح ساختمانی موجود، حفاظت اضافی مورد نیاز به صورت تئوریک با دقت بالا محاسبه گردید<sup>(۷)</sup>. بررسی‌های به عمل آمده نشان داد مقدار حفاظت اضافی محاسبه شده با این روش قادر به کاهش پرتوگیری تا حد مجاز دوز (MPD)<sup>(۱)</sup> می‌باشد، نرم افزار طراحی شده در این پروژه بر اساس این مدل می‌باشد.

براساس مدل ترکیبی Simpkin، در این پروژه طراحی نرم افزاری برای محاسبه حفاظت اضافی مورد نیاز چند منبع  $x$ -ray که در پتانسیل‌های بهره‌برداری مختلف استفاده می‌شوند، با در نظر گرفتن تضییغ پرتو ناشی از مصالح ساختمانی و تأسیساتی ساختمانی که از قبل در محل موجود باشند، مدنظر می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در طراحی نرم افزار این پروژه از معادلات مدل ترکیبی Simpkin استفاده گردید<sup>(۷)</sup>. فرض می‌کنیم  $P_{pj}$  و  $P_{sj}$  میزان پرتوگیری حفاظت‌گذاری نشده از تابش اولیه، پراکنده و نشی تابش شده از هر تیوب ز موجود در اتاق  $x$ -ray که توسط McGuire تعریف شده است باشد<sup>(۵)</sup>. مدار  $(x) P$  در معادله ۱ باید برابر با نسبت حد در طراحی سالیانه به فاکتور اشغال  $\left(\frac{P}{T}\right)$  منطقه مورد حفاظت باشد<sup>(۸،۹)</sup>.

$T_{lj}$ ،  $T_{sj}$ ،  $T_{pj}$  خصوصیات انتقال تابش‌های اولیه پراکنده و نشی نوع  $j$  منبع  $x$ -ray که از حفاظتی با ضخامت  $x$  عبور می‌کند می‌باشند<sup>(۷)</sup>.

$$\frac{P}{T} = P(x) = \sum_{j=1}^M (P_{pj} T_{pj}(x) + P_{sj} T_{sj}(x) + P_{lj} T_{lj}(x)) \quad (1)$$

یا به صورت تحلیلی:

$$P(x) = \sum_{j=1}^M \left( P_p (K_{uj}(x)/K_{0j}) + P_s (K_{uj}(x)/K_{0j}) + P_l \exp(-x \ln 2 / HVL_j) \right) \quad (2)$$

1. Maximum Permissible Dose. (MPD)

وجود حفاظت بتنی با ضخامت ۷۸/۱ میلی متر (ناشی از مصالح ساختمانی موجود)، ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز با نرم افزار McGuire ۸۵/۵ میلی متر و ضخامت کل حفاظ بتنی مورد نیاز ۱۶۳/۶ میلی متر می شود. در این حالت ضخامت حفاظ اضافی موردنیاز با نرم افزار طراحی شده ۷۷/۶ میلی متر و ضخامت کل حفاظ بتنی مورد نیاز ۱۵۵/۷ میلی متر محاسبه می شود که ۷/۹ میلی متر نیاز نرم افزاری McGuire را کاهش می دهد.

جدول شماره ۱: داده های فرضی برای مقایسه حفاظ اضافی مورد نیاز براساس نرم افزاری پیشنهادی و روش های Archer، NCRP49 و McGuire

مقدار	پارامتر های حفاظ گذاری
۱	(L) ضرب کاربرد (mA.min / week)
۱۰۰	۲، کار کرد هفتگی (w)
۲	فواصل اولیه: مثانوی و نشی نقطه کانونی منبع x-ray تا منطقه اشغال شده
۴	شدت جریان ماکریزم دستگاه بر حسب میلی آمپر
.۰/۰۲	پرتوگیری هفتگی (میلی سیورت در هفت)
۱۰۰	اندازه میان تابش بر حسب سانتی متر مریع
۲	فاصله بین از منبع تابش بر حسب متر

مقایسه نرم افزار پیشنهادی و نرم افزار McGuire نشان داد در حالت کلی با افزایش عرض حفاظ موجود، روش McGuire منجر به ضخامت بزرگ تری جهت افزودن به حفاظ موجود شده و حفاظ نهایی بزرگ تر از حفاظ موجود می شود. این مسئله منجر به تخمین بیش از حد حفاظ مورد نیاز خواهد شد.

جدول شماره ۳ نشان می دهد، حتی در حالتی که ضخامت حفاظ موجود برابر با حفاظ موردنیاز (در صورت موجود نبودن حفاظ اولیه) باشد، یعنی بتن مورد ۱۵۶/۱ میلی متر باشد، روش McGuire نیاز به حفاظ گذاری اضافه دارد که منجر به بزرگ تر شدن حفاظ از حالت قبلی می شود. بنابراین حفاظ کل ناشی از نرم افزار McGuire به ترتیب حدود ۱۵ درصد ضخیم تر از حفاظ سری و ۸ درصد ضخیم تر از حفاظ بتن حاصل از نرم افزار طراحی شده این پروژه خواهد بود.

در موردی که ضخامت  $x_1$  در مقابل ضخامت موجود  $x_2$  و با همان جنس افزوده شود ، انتقال برابر با  $[K_{ux}(X_1+X_2)/K_{ux}(X_3)]$  می گردد (۷). با استفاده از این معادله برای رساندن  $P_T$  به حداکثر دز مجاز می توان ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز ( $x_1$ ) را محاسبه نمود. در حالتی که حفاظ ساختمانی با ضخامت ( $x_2$ ) از قبل در محل موجود باشد ، با اطلاع از جنس ماده موجود و ضخامت آن، الگوریتم کامپیوتی از  $x_1=0$  شروع شده و مقادیر  $x_1$  مطابق با معادله (۳) با خطای قابل قبول در مرحله بعد یک بانک اطلاعاتی از تمام ضرائب، جداول و نمودارهای تضعیف مورد نیاز ایجاد شد. سپس معادلات حفاظ گذاری مدل ترکیبی Simpkin به زبان Visual Basic که تحت ویندوز نیز می باشد، تبدیل شد با وارد کردن اطلاعات و متغیرهای مورد نیاز به نرم افزار طراحی شده و استفاده از نمودارهای تضعیف، مصالح ساختمانی موجود که به صورت بانک های اطلاعاتی ذخیره شده است، حفاظ اضافی مورد نیاز به سرعت محاسبه می شود.

## یافته ها

در این پژوهه با طراحی یک نرم افزار، حفاظ اضافی موردنیاز برای هرسه نوع تابش (اولیه، پراکنده و نشی) بخش های پرتو نگاری تشخیصی محاسبه شده است. حفاظ گذاری تأسیسات x-ray تثبیتی از تیوب های با آند تنگستن (W) و مولیبدن (Mo) در محدوده ۱۵۰ Kvp - ۲۵ استفاده می شوند. جدول شماره ۱ داده های فرضی برای مقایسه ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز بر اساس نرم افزار طراحی شده و نرم افزارهای مشابه دیگر می باشد.

نمودارها و جداول مقایسه نتایج محاسبات نرم افزار طراحی شده این پژوهه با مدل های دیگر می باشد. همان گونه که جدول شماره ۲ نشان می دهد، زمانی که هیچ حفاظی در محل موجود نباشد ضخامت مانع بتنی موردنیاز ۱۵۶/۱ میلی متر خواهد بود. اما در صورت

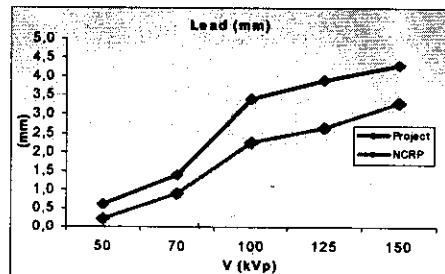
جدول شماره ۲: مقایسه ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز بر اساس نتایج نرم افزاری پیشنهادی با نرم افزار McGuire در حالتی که از مواد مشابه حفاظ موجود استفاده گردد.

ضخامت حفاظ بنوی موجود (میلی متر)	ضخامت حفاظ سری موجود (میلی متر)	ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار این پروژه (میلی متر)	ضخامت حفاظ اضافی بنوی با نرم افزار این پروژه (میلی متر)	ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار McGuire	ضخامت حفاظ اضافی بنوی با نرم افزار McGuire	ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار McGuire
۱۵۵/۶	۲/۴	۱۵۶/۱	۲/۵	-	-	-
۷۷/۶	۱/۲	۸۵/۵	۱/۲	۱/۲	۷۸/۱	-
-	-	۲۹/۱	-	۰/۳	۲/۰	۱۵۶/۱
-	-	-	-	-	۳/۴	۱۱۲/۱

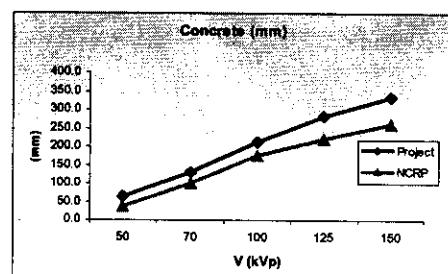
جدول شماره ۳: مقایسه ضخامت اضافی مورد نیاز در حالتی که از مواد غیر مشابه حفاظ موجود استفاده گردد بر اساس نتایج نرم افزار این پروژه با نرم افزار McGuire

ضخامت حفاظ بنوی موجود (میلی متر)	ضخامت حفاظ سری موجود (میلی متر)	ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار این پروژه (میلی متر)	ضخامت حفاظ اضافی بنوی با نرم افزار این پروژه (میلی متر)	ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار McGuire	ضخامت حفاظ اضافی بنوی با نرم افزار McGuire	ضخامت حفاظ بنوی موجود (میلی متر)
۸۲/۹	۱/۸	۸۳/۷	۱/۹	۱/۲	۷۷/۵	-
۳۷/۱	۱/۱	۴۵/۱	۱/۳	۲	۷۸/۱	-
-	-	۲۶/۷	-	۲/۵	۱۵۶/۱	-
-	-	-	-	۳/۲	۱۱۲/۱	-

ضخامت حفاظ (میلی متر)



ضخامت حفاظ (میلی متر)



کیلو ولتاز

نمودار شماره ۲: مقایسه نتایج مدل NCRP49 و نتایج نرم افزار طراحی شده برای دو ماده سرب و بتن

جدول شماره ۴: مقایسه حفاظ مورد نیاز بر اساس نتایج نرم افزاری پیشنهادی با نرم افزار Archer

جنس حفاظ	کیلو ولتاز (kVp)	ضخامت حفاظ مورد نیاز روش Archer (میلی متر)	ضخامت حفاظ مورد نیاز با توجه به نتایج نرم افزار طراحی شده (میلی متر)
سرب	۷۰	۱	۰/۰۸
سرب	۱۰۰	۲/۰	۱/۸۲
سرب	۱۲۵	۲/۹	۲/۲۵
بتن	۷۰	۹۰	۵۴/۷
بتن	۱۰۰	۱۵۶/۱	۱۱۰/۱
بتن	۱۲۵	۲۱۵/۱	۱۶۸/۵

جدول شماره ۵: مقایسه حفاظت مورد نیاز بر اساس نتایج نرم افزاری پیشنهادی و نرم افزار روشن NCRP49

حفظه برای اتفاق x-ray	ضخامت سطحی مورد نیاز بر اساس NCRP49 (میلی متر)	ضخامت سطحی مورد نیاز با توجه به نرم افزار طراحی شده	ضخامت سطحی مورد نیاز بر اساس NCRP49 (میلی متر)	ضخامت سطحی مورد نیاز با توجه به نرم افزار طراحی شده
برای کف	۳	۳/۹	۲۶۰	۲۸۰/۷
برای سقف	۲/۱	۱/۸	۱۵۵/۶	۱۴۴/۹
دیوار	۲/۷	۳/۵	۲۴۰	۲۵۸/۴
دیوار	۹	۰/۷	۶۶/۸	۶۵/۷

این نرم افزار ضخامت حفاظت موردنیاز برای ژنراتورهای سه فاز x-ray، که امروزه بیش ترین استفاده را در بخش های x-ray تشخیصی دارند، سیستم های ماموگرافی و سی تی اسکن را نیز به درستی محاسبه می نماید. نرم افزارهای که براساس مدل McGuire طراحی شده اند ضخامت حفاظت موردنیاز را در این حالت به طور صحیح محاسبه نمی کنند، اما این نرم افزار به میزان ۱۵۷ تا ۱۵۸ درصد خطای ناشی از محاسبه حفاظت با نرم افزار مدل McGuire را کاهش می دهد (۶-۱۰).

نرم افزار طراحی شده، حفاظت اضافی موردنیاز را در حالتی که تضعیف پرتو اولیه توسط بیمار و سخت افزار های مربوطه (نظیر کاست، نگه دارنده کاست، تیوب پرتو X و میز پرتو نگاری) ایجاد شده است را نیز به درستی محاسبه می نماید (۱۱-۱۳).

به طوری که محاسبات تثویریک به همراه اندازه گیری های به عمل آمده در بخش های پرتو نگاری نتایج نرم افزار به کار رفته در این پرتو زده را با دقت بسیار بالا تأیید می کند.

نرم افزارهای مشابه که بر اساس گزارش NCRP49 طراحی شده اند ضخامت حفاظت موردنیاز برای هر تابش (اولیه، پراکنده و نشستی) را به طور معجزا محاسبه می کنند و در مورد موانعی که هر سه نوع تابش را دریافت می کنند اطلاعات دقیقی را ارائه نمی نماید. ضمن این که نرم افزارهای که بر اساس گزارش NCRP49 طراحی شده اند در محاسبه حفاظت موردنیاز از تضعیف پرتو اولیه

حفاظ اضافی محاسبه شده با این نرم افزار در بخش های پرتو نگاری نصب شده و با مقادیر متغیر مشخص کرد که حداقل مقدار مجاز رعایت شده است. آزمایش در پارامترهای حفاظت گذاری مختلف منابع پرتو نگاری تشخیصی تکرار و هر بار صحت محاسبات حفاظت اضافی موردنیاز با نتایج نرم افزار طراحی شده این پرتو زده مشخص شد به طوری که اختلاف بین مقادیری که محاسبات ثوری مدل ترکیبی پیش بینی می کنند با نتایج نرم افزار به کار رفته در این پرتو زده مضبوطی از  $\chi^2 = 10^{-5}$  بود.

## بحث

یافته های تحقیق نشان داد، نرم افزار طراحی شده در این پرتو زده در مقایسه با نرم افزارهای روشن NCRP49 ضخامت دقیق حفاظت اضافی موردنیاز جهت تضعیف هرسه نوع تابش (اولیه، پراکنده و نشستی) را تا حد حداقل مقدار مجاز ارائه می کند و میزان خطای ناشی از محاسبات نرم افزار NCRP49 را ۲۰ درصد کاهش می دهد (۱۱-۲۰).

همچنین حفاظت اضافی موردنیاز منابع چندگانه تابش که در یک اتفاق واحد با پتانسیل های ماکریسم مختلف بهره برداری می شوند نیز با این نرم افزار تا حد مقدار مجاز محاسبه می گردد. اما نرم افزارهای که برپایه مدل Archer طراحی شده اند توانایی انجام این محاسبه را ندارند و نیز به میزان ۲۰ درصد خطای ناشی از محاسبه حفاظت با نرم افزار مدل Archer را کاهش می دهد (۳-۵).

انعطاف‌پذیری خوبی برای پذیرش استانداردهای جدید دارد. همچنین قیمت این نرم افزار نسبت به نرم افزارهای مشابه خارجی بسیار مناسب است.

در پایان طراحی چنین نرم افزاری برای محاسبه حفاظت مورد نیاز بخش‌های پزشکی هسته‌ای و پرتو درمانی پیشنهاد می‌گردد.

### سپاسگزاری

از مساعدت و همکاری معاون محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران و از زحمات اساتید و همکاران محترم که در این پروژه همکاری نمودند، قدردانی می‌گردد.

توسط بیمار و سخت افزارهای مربوطه (نظیر کاست، نگهدارنده کاست، تیوب پرتو X و میز پرتونگاری) صرف نظر نموده است. نرم افزارهای قبلی حفاظت اولیه رادر حالت ماکریسم پتانسیل بهره‌برداری منبع x-ray، محاسبه می‌کند و برای مقادیر پائین KVP (نظیر ماموگرافی) و ژنراتورهای سه فاز x-ray اطلاعاتی دقیقی ارائه نمی‌نماید (۱۵، ۱۴)، که این نواقص در این نرم افزار برطرف شده است. نتایج برنامه را می‌توان به صورت فایل ذخیره و مجدد در صورت نیاز استفاده نمود و یا این که نتایج را چاپ نمود. این برنامه دارای یک سیستم کمکی قوی و مدرن که برنامه را حمایت می‌کند نیز می‌باشد. ضمن این که با تغییر استانداردهای حفاظت گذاری بانک‌های اطلاعاتی این نرم افزار، قابلیت

### فهرست منابع

1. Benjamin R. Archer. History of the shielding of Diagnostic X-ray Facilities. *Health physics*. 1995; 69(5): 750-758.
2. Douglas J. Simpkin. A General solution to the shielding of medical x and y Rays by the NCRP Report No.49 methods. *Health physics*. 1987; 52(4): 431-436.
3. Douglas J. Simpkin. Evaluation of NCRP No. 49 assumptions on workloads and use factors in diagnostic Radiology Facilities. *Medical physics*. 1996; 23(4): 577-584.
4. B.R.Archer, J.I. Thomby, S.C. Bushong. Diagnostic X-ray shielding design Based on and Empirical Model of photon Attenuation. *Health physics*. 1983; 44(5): 507-517.
5. E. lynn McGuire. A revised schema for performing diagnostic X-ray shielding calculations. *Health physics*. 1986; 50(1): 99-105.
6. Douglas J. simpkin.Radiation shielding of Multiple X-ray Sources in Diagnostic Radiology. *Health physics*. 1986; 50(1): 117-122.
7. Robert L. Dixon, Douglas J. Simpkin. Primary shielding barriers for diagnostic x-ray facilities: A New Model. *Health physics*. 1998; 75(2): 181-189.
8. Robert L. Dixon, Douglas J simpkin. Secondary shielding barriers for diagnostic x-ray facilities: scatter and leakage revisited. *Health physics*. 1998; 74(3): 350-365.

9. Douglas J. simpkin. Shielding a Spectrum of Workloads in Diagnostic Radiology. *Health physics.* 1991; 61(2): 259-261.
10. Raymond P. Rossi, Russell Ritenour, Emmanuel Christodoulou. Broad Beam Transmission properties of Some Common Shielding Materials for use in Diagnostic Radiology. *Health physics.* 1991; 61(5): 601-608.
11. Douglas j. simpkin. Transmission Data for shielding Diagnostic X-ray facilities. *Health physics.* 1995; 68(5): 704-709.
12. Douglas J. Simpkhn. Shielding Requirements for Mammography. *Health physics.* 1987; 53(3): 267-279.
13. Douglas J. simpkin. Fitting Parameters for medical diagnostic x-ray transmission data. *Health physics.* 1988; 54(3): 345-347.
14. Douglas J. Simpkin. Shielding requirements for constant- potential diagnostic X-ray beams determined by a Monte Carlo calculation. *Health physics.* 1989; 56(2): 151-164.
15. Douglas J. simpkin. Transmission of scatter radiation from computed tomography (CT) scanners determined by a Monte Carlo calculation. *Health physics.* 1996; 23(4): 577-584.