

## طراحی نرم افزار رایانه‌ای جهت محاسبه حفاظ اضافی مورد نیاز بخش های پرتونگاری تشخیصی

سید علی رحیمی (M.Sc.)  
 سعید سرکار (Ph.D.)  
 محمدجواد ابوالحسنی (Ph.D.)  
 شکرآ... سالار (M.Sc.)

### چکیده

**سابقه و هدف :** حفاظ گذاری ساختمانی در بخش های پرتونگاری تشخیصی، معمولاً بر اساس پیشنهادات شورای ملی اندازه گیری و حفاظت در برابر تابش (NCRP49) اجرا می شود. در این پروژه با طراحی نرم افزار کامپیوتری، بر اساس مدل ترکیبی (Simpkin) که تضعیف پرتوهای ناشی از مصالح و تأسیسات ساختمان که از قبل در محل موجود می باشند و استفاده هم زمان از چند منبع پرتونگاری در پتانسیل های مختلف را مد نظر دارد (بر خلاف روش های دیگر)، حفاظ اضافی مورد نیاز محاسبه گردید.

**مواد و روش ها :** در نرم افزار طراحی شده جهت تعیین ضخامت حفاظ 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 حفاظ 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 حفاظ گذاری مطابقت دارد ایجاد شد. معادلات حفاظ گذاری، به زبان (visual Basic) پیش رفته که تحت ویندوز نیز می باشد، تبدیل گردید. اطلاعات و متغیرهای مورد نیاز به نرم افزار داده شد و سپس با استفاده از نمودارهای تضعیف که به صورت بانک های اطلاعاتی می باشد تبدیل شد و نیز با استفاده از معادلات حفاظ گذاری، حفاظ اضافی مورد نیاز با دقت و در زمان اندک محاسبه گردید.

**یافته ها :** نتایج این پروژه، با توجه به بررسی های به عمل آمده در بخش پرتونگاری، حاکی از این است که در اکثر موارد در بخش های پرتونگاری حفاظ مورد نیاز به کار نرفته و در مواردی نیز بیش از حد نیاز حفاظ گذاری شده است. در حالتی که ضریب کاربرد مخالف صفر باشد، ضخامت حفاظ مورد نیاز با روش NCRP49 حدود ۲۰ درصد کم تر از مقدار مورد نیاز محاسبه می شود، 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 حفاظ مورد نیاز در حدود ۱۵ درصد کم تر از ضخامت مانع سری می و در حفاظ بتونی مقدار ۸ درصد کم تر از ضخامت محاسبه شده روش McGuire می باشد؛ به طوری که تخمین بیش از حد حفاظ مورد نیاز روش McGuire نیز در این نرم افزار پیشنهادی اصلاح شد.

**استنتاج :** نتایج نشان داد که اختلاف بین مقادیری که محاسبات تئوری پیش بینی می کند با نتایج نرم افزار به کار رفته در این پروژه، ضریبی ناچیز از  $10^{-5} = \chi^2$  می باشد که نشان دهنده دقت و صحت بالای کارآیی این نرم افزار می باشد.

**واژه های کلیدی :** پرتونگاری تشخیصی ، حفاظ اضافی ، نمودارهای تضعیف ، مصالح ساختمانی

\* کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی مازندران  
 \*\* متخصص فیزیک پزشکی، اعضای هیئت علمی و استادیار دانشگاه علوم پزشکی تهران  
 \*\*\* کارشناس ارشد فیزیک پزشکی بیمارستان ۱۷ شهرویر آمل  
 ✉ ساری : کیلومتر خزرآباد- دانشکده بهداشت  
 تاریخ دریافت : ۸۳/۳/۲۳ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۸۳/۸/۱۳ تاریخ تصویب : ۸۴/۱۰/۱۶

## مقدمه

اشعه X قسمتی از طیف الکترومغناطیسی است که خاصیت یون سازی دارد. به دلیل آثار مخرب پرتوهای یونیزان ناشی از دستگاه های اشعه X، قوانین بین المللی در مورد کنترل و حفاظت در برابر پرتو، برای بیماران و کارکنان، در بخش های پرتونگاری (x-ray) وجود دارد (۱). در سال های اخیر، به دلیل خطرات ناشی از تابش گیری بیش از حد مجاز و اثرات مخرب آن، ضرورت تعیین استانداردهای حفاظت گذاری جهت کاهش پرتو دهی به بیماران و کارکنان و رعایت اصول حفاظت در برابر پرتو به طور جدی توسط متخصصین فیزیکی پزشکی مورد بررسی قرار گرفته است. تعیین استانداردهای حفاظت گذاری در بخش های پرتو نگاری اولین بار در شورای ملی اندازه گیری و حفاظت در برابر تابش (NCRP49)<sup>۱</sup> گزارش شد. پیش از این روش های تحلیلی دیگری برای طراحی حفاظت مورد استفاده قرار می گرفت که به علت عدم کارایی مناسب، محاسبه نادرست حفاظت مورد نیاز، در حال حاضر استفاده نمی شوند.

در NCRP49 فرض بر این است که پرتوهای اولیه که از منبع x-ray خارج می شوند مستقیماً به مصالح ساختمانی برخورد می کنند و از تضعیف پرتو اولیه توسط بیمار و سخت افزارهای مربوطه (نظیر کاست، نگه دارنده های کاست، تیوب پرتو X و میز پرتونگاری) صرف نظر شده است (۲). 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 داده های تضعیف در ژنراتورهای سه فاز، که امروزه بیشترین استفاده را در منابع x-ray دارند نیز اشاره نشده است (۳).

طراحی حفاظت برای تأسیسات x-ray تشخیصی، عموماً براساس اصل ALARA<sup>۲</sup> انجام می شود. این اصل به این معنی است که میزان پرتو دریافتی براساس ملاحظات فنی و اقتصادی هر چه کم تر باشد، بهتر است. اخیراً

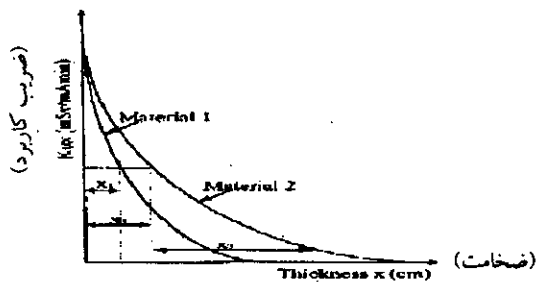
روش های تحلیلی دیگری برای طراحی حفاظت ساختمانی در برابر تابش برای تأسیسات x-ray تشخیصی به کار گرفته شده است (۳).

بررسی به عمل آمده نشان داد نرم افزارهای طراحی شده بر پایه گزارش NCRP49 قادر به محاسبه دقیق حفاظت اضافی مورد نیاز نمی باشد. Archer و همکاران (۱۹۸۳) با ارائه یک مدل جدید تخمین های نادرست مدل NCEP49 را اصلاح نمودند (۱). آن ها روشی را برای تعیین دقیق ضخامت مانع ثانویه مورد 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 پرتونگاری که در یک اتاق واحد بهره برداری می شوند و در نظر نگرفتن حفاظت اضافی موجود قادر به محاسبه دقیق حفاظت اضافی مورد نیاز نمی باشد (۴).

روش پیشنهادی Archer توسط McGuire (۱۹۸۶) بررسی و تکمیل شد. McGuire روشی جهت انجام محاسبه حفاظت در اتاق های تشخیصی که از منابع چند گانه تابش تحت پتانسیل (Kvp) یکسان استفاده می کنند 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 نرم افزار طراحی شده بر پایه مدل McGuire به دلیل در نظر نگرفتن سخت افزارهای موجود در بخش های پرتونگاری (کاست، نگه دارنده های کاست، میز پرتونگاری) قادر به محاسبه دقیق حفاظت اضافی نمی باشد. ضمن این که بر پایه این مدل چند منبع x-ray که در یک اتاق واحد استفاده می شوند، همگی تحت پتانسیل یکسان در نظر گرفته می شوند، که در غالب موارد این طور نخواهد بود (۵). Simpkin و همکاران (۱۹۹۶) مدل های مذکور را در هم ترکیب کرده و یک مدل ترکیبی ایجاد نمودند (۶). در این مدل ترکیبی با در نظر گرفتن

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

که  $P(x)$  کل پرتو دمی هفتگی ناشی از یک منبع x-ray در نقطه ای پشت حفاظ با ضخامت  $x$  است. ضمن اینکه  $P(x)$  با حداکثر دز مجاز (MPD) طراحی جهت حفاظت کافی مساوی می‌باشد (۹). مقادیر  $K$  (تعداد رنتگن‌ها به ازای یک میلی آمپر در دقیقه در هفته در یک متری) پارامتر دهی شده منطبق با مدل آرشر بوده و به نوع ماده، ضخامت آن و مقادیر کیلو ولتاژ  $Kvp$  بستگی دارد (۱).  $x_1$  ضخامت ماده یک است که باید در مقابل حفاظ موجود ۲ با ضخامت  $x_2$  اضافه شود تا پرتوگیری در نقطه پشت مانع حفاظتی برابر با حداکثر دز مجاز شود (۷). نمودار شماره ۱ انتقال یکسان تابش x-ray از ماده ۲ با ضخامت  $x_3$  را نشان می‌دهد (۷).



نمودار شماره ۱: نمایش کیفی انتقال پرتوهای اولیه و پراکنده از طریق ۲ ماده مختلف می‌باشد

به‌طور خلاصه هنگامی که تعدادی (M) تیوب X-ray تابش‌های مختلفی تشعشع نمایند، در صورت وجود حفاظ 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 زاز ماده ثانویه می‌باشد و در صورتی که از قبل در محل حفاظ موجود نباشد برابر با یک می‌شود. (یعنی  $X_2=0$ ) (۷-۱۰).

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

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

بر اساس مدل ترکیبی Simpkin، در این پروژه طراحی نرم افزاری برای محاسبه حفاظ اضافی مورد نیاز چند منبع x-ray که در پتانسیل‌های بهره‌برداری مختلف استفاده می‌شوند، با در نظر گرفتن تضعیف 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 (۷). فرض می‌کنیم  $P_{pj}$ ،  $P_{sj}$  و  $P_{lj}$  میزان پرتوگیری حفاظ‌گذاری نشده از تابش اولیه، پراکنده و نشتی تابش شده از هر تیوب (موجود در اتاق x-ray که توسط McGuire تعریف شده است) باشد (۵). مدار  $P(x)$  در معادله ۱ باید برابر با نسبت حد در طراحی سالیانه به فاکتور اشغال ( $\frac{P}{T}$ ) منطقه مورد حفاظت باشد (۸،۷).

$T_{Lj}$ ،  $T_{Sj}$ ،  $T_{Pj}$  خصوصیات انتقال تابش‌های اولیه پراکنده و نشتی نوع ز منبع x-ray که از حفاظی با ضخامت  $x$  عبور می‌کند می‌باشند (۷).

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

یا به صورت تحلیلی:

$$P(x) = \sum_{j=1}^M (P_{pj} (K_{uj}(x)/K_{0j}) + P_{sj} (K_{uj}(x)/K_{0j}) + P_{lj} \exp(-x \ln 2 / HVL_{lj})) \quad (2)$$

وجود حفاظ بتونی 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 بتونی مورد نیاز ۱۶۳/۶ میلی متر می شود. در این حالت ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز با نرم افزار طراحی شده ۷۷/۶ میلی متر و ضخامت کل حفاظ بتونی مورد نیاز ۱۵۵/۷ میلی متر محاسبه می شود که ۷/۹ میلی متر خطا نرم افزاری McGuire را کاهش می دهد.

جدول شماره ۱: داده‌های فرضی برای مقایسه حفاظ اضافی مورد نیاز بر اساس نرم‌افزاری پیشنهادی و روش‌های Archer، NCRP49 و McGuire

| مقدار | پارامترهای حفاظ گذاری  |
|-------|--|
| ۱     | (U) ضریب کاربرد  |
| ۱۰۰۰  | کار کرد هفتگی (w) (mA.min /week)                                     |
| ۲     | فواصل اولیه، ثانویه و نشئی نقطه کانونی منبع x-ray تا منطقه اشغال شده |
| ۴     | شدت جریان ماکزیمم دستگاه بر حسب میلی آمپر                            |
| ۰/۰۲  | پرتوگیری هفتگی (میلی سیورث در هفته)                                  |
| ۱۰۰۰  | اندازه میان تابش بر حسب سانتی متر مربع                               |
| ۲     | فاصله بیمار 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 بزرگ‌تری جهت افزودن به حفاظ موجود شده و حفاظ نهایی بزرگ‌تر از حفاظ موجود می شود. این مسأله منجر به تخمین بیش از حد حفاظ مورد نیاز خواهد شد.

جدول شماره ۳ نشان می‌دهد، حتی در حالتی که ضخامت حفاظ موجود برابر با حفاظ مورد نیاز (در صورت موجود نبودن حفاظ اولیه) باشد، یعنی بتون موجود ۱۵۶/۱ میلی متر باشد، روش McGuire نیاز به حفاظ گذاری اضافه دارد که منجر به بزرگ‌تر شدن حفاظ از حالت قبلی می‌شود. بنابراین حفاظ کل ناشی از نرم‌افزار McGuire به ترتیب حدود ۱۵ درصد ضخیم‌تر از حفاظ سربی و ۸ درصد ضخیم‌تر از حفاظ بتون حاصل از نرم‌افزار 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  $[K_{ux}(X_3+X_2)/K_{ux}(X_3)]$  می‌گردد (۷). با استفاده از این معادله برای رساندن  $P_T$  به حداکثر دز مجاز می‌توان 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 کامپیوتری از  $x_1=0$  شروع شده و مقادیر  $x_1$  مطابق با معادله (۳) با خطای قابل قبول  $P_{TOT}=MPD=.000001$  را به دست می‌آورد (۱۵-۱۱).

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 می‌باشد، تبدیل شد با وارد کردن اطلاعات و متغیرهای مورد نیاز به نرم‌افزار طراحی شده و استفاده از نمودارهای تضعیف، مصالح ساختمانی موجود که به صورت بانک‌های اطلاعاتی ذخیره شده است، حفاظ اضافی مورد نیاز به سرعت محاسبه می‌شود.

## یافته‌ها

در این پروژه با طراحی یک نرم‌افزار، حفاظ اضافی مورد نیاز برای هر سه نوع تابش (اولیه، پراکنده و نشئی) بخش‌های پرتونگاری تشخیصی محاسبه شده است. حفاظ گذاری تأسیسات x-ray تشخیصی از تیوب‌های با آند تنگستن (w) و مولیبدن (mo) در محدوده ۱۵۰Kvp - ۲۵ استفاده می‌شوند. جدول شماره ۱ داده‌های فرضی برای مقایسه ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز بر اساس نرم‌افزار طراحی شده و نرم‌افزارهای مشابه دیگر می‌باشد. نمودارها و جداول مقایسه نتایج محاسبات نرم افزار طراحی شده این پروژه با مدل‌های دیگر می‌باشد.

همان گونه که جدول شماره ۲ نشان می‌دهد، زمانی که هیچ حفاظی در محل موجود نباشد ضخامت مانع بتونی مورد نیاز ۱۵۶/۱ میلی متر خواهد بود. اما در صورت

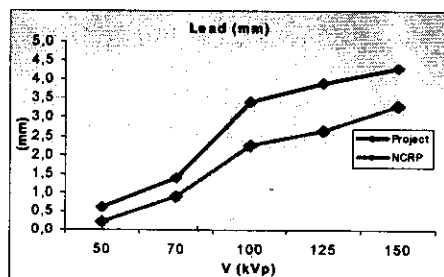
جدول شماره ۲: مقایسه ضخامت حفاظ اضافی مورد نیاز بر اساس نتایج نرم افزاری پیشنهادی با نرم افزار McGuire در حالتی که از مواد مشابه حفاظ موجود استفاده گردد.

| ضخامت حفاظ بتونی موجود (میلی متر) | ضخامت حفاظ سربی موجود (میلی متر) | ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار McGuire | ضخامت حفاظ اضافی بتونی با نرم افزار McGuire | ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار این پروژه (میلی متر) | ضخامت حفاظ اضافی بتونی با نرم افزار این پروژه (میلی متر) |
|-----------------------------------|----------------------------------|--|---|---|--|
| ۰                                 | ۰                                | ۲/۵  | ۱۵۶/۱                                       | ۱۵۵/۶   | ۲/۴  |
| ۷۸/۱                              | ۱/۲                              | ۱/۲  | ۸۵/۵  | ۷۷/۶  | ۱/۲  |
| ۱۵۶/۱                             | ۲/۵                              | ۰/۳  | ۲۹/۱  | ۰   | ۰  |
| ۲۱۲/۱                             | ۳/۴                              | ۰  | ۰   | ۰   | ۰  |

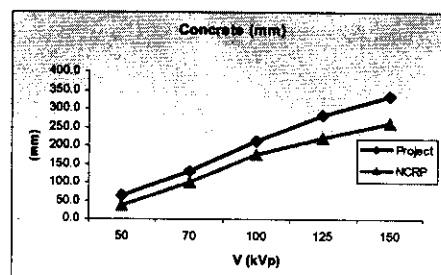
جدول شماره ۳: مقایسه ضخامت اضافی مورد نیاز در حالتی که از مواد غیر مشابه حفاظ موجود استفاده گردد بر اساس نتایج نرم افزار این پروژه با نرم افزار McGuire

| ضخامت حفاظ بتونی موجود (میلی متر) | ضخامت حفاظ سربی موجود (میلی متر) | ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار McGuire | ضخامت حفاظ اضافی بتونی با نرم افزار McGuire | ضخامت حفاظ اضافی سربی با نرم افزار این پروژه (میلی متر) | ضخامت حفاظ اضافی بتونی با نرم افزار این پروژه (میلی متر) |
|-----------------------------------|----------------------------------|--|---|---|--|
| ۳۷/۵                              | ۱/۲                              | ۱/۹  | ۸۳/۷  | ۸۲/۹  | ۱/۸  |
| ۷۸/۱                              | ۲                                | ۱/۳  | ۴۵/۱  | ۳۷/۱  | ۱/۱  |
| ۱۵۶/۱                             | ۲/۵                              | ۰/۳  | ۲۶/۷  | ۰   | ۰  |
| ۲۱۲/۱                             | ۳/۴                              | ۰  | ۰   | ۰   | ۰  |

ضخامت حفاظ (میلی متر)



ضخامت حفاظ (میلی متر)



کیلو ولتاژ

کیلو ولتاژ

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

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

| جنس حفاظ | کیلو ولتاژ (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  | ۰/۵۸   |
| سرب      | ۱۰۰              | ۲/۵  | ۱/۸۲   |
| سرب      | ۱۲۵              | ۲/۹  | ۲/۳۵   |
| بتون     | ۷۰               | ۹۰   | ۵۴/۷   |
| بتون     | ۱۰۰              | ۱۵۶/۱                                      | ۱۱۰/۱  |
| بتون     | ۱۲۵              | ۲۱۵/۱                                      | ۱۶۸/۵  |

جدول شماره ۵: مقایسه حفاظ مورد نیاز بر اساس نتایج نرم‌افزاری پیشنهادی و نرم‌افزار روش NCRP49.

| حفاظ برای اتاق<br>x-ray | ضخامت حفاظ سربی مورد نیاز<br>بر اساس NCRP49<br>( میلی متر ) | ضخامت حفاظ سربی مورد نیاز<br>با توجه به نرم‌افزار طراحی شده<br>( میلی متر ) | ضخامت حفاظ بتونی مورد نیاز<br>بر اساس NCRP49<br>( میلی متر ) | ضخامت حفاظ بتونی مورد نیاز<br>با توجه به نرم‌افزار طراحی شده<br>( میلی متر ) |
|-------------------------|---|---|--|--|
| برای کف                 | ۳   | ۳/۹   | ۲۶۰  | ۲۸۰/۷  |
| برای سقف                | ۲/۱   | ۱/۸   | ۱۵۵/۶  | ۱۴۴/۴  |
| دیوار                   | ۲/۷   | ۳/۵   | ۲۴۰  | ۲۵۸/۴  |
| دیوار                   | ۹   | ۰/۷   | ۶۶/۸   | ۶۵/۷   |

این نرم‌افزار ضخامت حفاظ موردنیاز برای ژنراتورهای سه فاز x-ray، که امروزه بیش‌ترین استفاده را در بخش‌های x-ray تشخیصی دارند، سیستم‌های ماموگرافی و سی تی اسکن را نیز به درستی محاسبه می‌نماید. نرم‌افزارهای که براساس مدل McGuire طراحی شده‌اند ضخامت حفاظ مورد نیاز را در این حالت به طور صحیح محاسبه نمی‌کند، اما این نرم‌افزار به میزان ۱۵ تا ۷ درصد خطای ناشی از محاسبه حفاظ با نرم‌افزار مدل McGuire را کاهش می‌دهد (۱۰-۶).

نرم‌افزار طراحی شده، حفاظ اضافی مورد نیاز را درحالتی که تضعیف پرتو اولیه توسط بیمار و سخت‌افزارهای مربوطه ( نظیر کاست، نگه‌دارنده کاست، تیوب پرتو X و میز پرتونگاری) ایجاد شده است را نیز به درستی محاسبه می‌نماید (۱۳-۱۱).

به طوری که محاسبات تئوریک به همراه اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در بخش‌های پرتو نگاری نتایج نرم‌افزار به کار رفته در این پروژه را با دقت بسیار بالا تأیید می‌کند.

نرم‌افزارهای مشابه که بر اساس گزارش NCRP49 طراحی شده‌اند ضخامت حفاظ مورد نیاز برای هر تابش (اولیه، پراکنده و نشتی) را به طور مجزا محاسبه می‌کند و در مورد موانعی که هر سه نوع تابش را دریافت می‌کنند اطلاعات دقیقی را ارائه نمی‌نماید. ضمن این‌که نرم‌افزارهای که بر اساس گزارش NCRP49 طراحی شده‌اند در محاسبه حفاظ مورد نیاز از تضعیف پرتو اولیه

حفاظ اضافی محاسبه شده با این نرم‌افزار در بخش‌های پرتونگاری نصب شده و با مقادیر متری مشخص کرد که حداکثر مقدار مجاز رعایت شده است. آزمایش در پارامترهای حفاظ‌گذاری مختلف منابع پرتونگاری تشخیصی تکرار و هر بار صحت محاسبات حفاظ اضافی مورد نیاز با نتایج نرم‌افزار طراحی شده این پروژه مشخص شد به طوری که اختلاف بین مقادیری که محاسبات تئوری مدل ترکیبی پیش‌بینی می‌کند با نتایج نرم‌افزار به کار رفته در این پروژه مضری از  $\chi^2=10^{-5}$  بود.

## بحث

یافته‌های تحقیق نشان داد، نرم‌افزار طراحی شده در این پروژه در مقایسه با نرم‌افزارهای روش NCRP49 ضخامت دقیق حفاظ اضافی مورد نیاز جهت تضعیف هر سه نوع تابش (اولیه، پراکنده و نشتی) را تا حد حداکثر مقدار مجاز ارائه می‌کند و میزان خطای ناشی از محاسبات نرم‌افزار NCRP49 را ۲۰ درصد کاهش می‌دهد (۲،۱).

همچنین حفاظ اضافی مورد نیاز منابع چندگانه تابش که در یک اتاق واحد با پتانسیل‌های ماکزیمم مختلف بهره‌برداری می‌شوند نیز با این نرم‌افزار تا حد مقدار مجاز محاسبه می‌گردد. اما نرم‌افزارهای که برپایه مدل Archer طراحی شده‌اند توانایی انجام این محاسبه را ندارند و نیزه میزان ۶ تا ۲۰ درصد خطای ناشی از محاسبه حفاظ با نرم‌افزار مدل Archer را کاهش می‌دهد (۵-۳).

انعطاف پذیری 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 حفاظ مورد نیاز بخش های پزشکی هسته ای و پرتودرمانی پیشنهاد می گردد.

### 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 می گردد.

توسط بیمار و سخت افزار های مربوطه (نظیر کاست، نگهدارنده کاست، تیوب پرتو X و میز پرتونگاری) صرف نظر نموده است. نرم افزارهای قبلی حفاظ اولیه رادر حالت ماکزیمم پتانسیل بهره برداری منبع x-ray، محاسبه می کند و برای مقادیر پائین KVP (نظیر ماموگرافی) و ژنراتورهای سه فاز x-ray اطلاعاتی دقیقی ارائه نمی نماید (۱۵،۱۴). که این نواقص در این نرم افزار برطرف شده است. نتایج برنامه را می توان به صورت فایل ذخیره و مجددا 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 می کند نیز می باشد. ضمن این که با تغییر استانداردهای حفاظ گذاری بانک های 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. Simpkin. 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.