مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ٦، شمارهٔ ٣، ویژه‌نامه، ١٣٩٧
مقاله‌نامه پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی قابلیت اطمینان و ایمنی، اردیبهشت ١٣٩٧

آنالیز ایمنی پرتویی، ۲ مدل از تکنیک‌های رادیوگرافی صنعتی در تست جوش لوله‌ها به کمک نرم‌افزار SuperMc 3.2

مهدی ایزدی* و سیامک پارسایی

دانشکده مهندسی مکانیک، بخش مهندسی هسته‌ای، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس، ایران.

*فارس، شیراز، دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی مکانیک، بخش مهندسی هسته‌ای، کد پستی: ١٦٥٤٨-٧١٩٣٦

پست الکترونیکی: m.izadi3215@gmail.com

چکیده

در این مقاله به کمک نرم‌افزار SuperMc 3.2، ۲ مدل تکنیک رادیوگرافی جوش لوله‌ها که در بین رادیوگراف ها مرسوم‌تر هستند (دو دیواره و یک تصویر (DWSI) و تکنیک یک دیواره و یک تصویر (SWSI) فیلم بیرون لوله و چشمه پرتوزا درون لوله) بدون استفاده از کولیماتور و از منظر ایمنی و ریسک خطر پرتویی موردمطالعه قرارگرفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به دلیل عدم استفاده از کولیماتور ریسک خطر پرتویی در تکنیک DWSI، بسیار بالا بوده، لذا اگر پرتونگار نتواند در مدت‌زمان شوت کردن چشمه خود را به‌موقع به منطقه آزاد برساند ممکن است در یک روز بیش از ١٥٠ میکروسیورت دز دریافت کند.

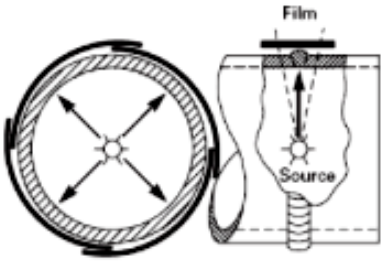
کلیدواژگان: رادیوگرافی صنعتی، شار گاما، دو دیواره – یک تصویر، یک دیواره – یک تصویر، اکتیویته.

۱. مقدمه

در این کار پژوهشی ۲ مدل تکنیک رادیوگرافی جوش لوله‌ها که در بین رادیوگراف ها مرسوم‌تر هستند (دو دیواره و یک تصویر (DWSI) و تکنیک یک دیواره و یک تصویر (SWSI) فیلم بیرون لوله و چشمه پرتوزا درون لوله) بدون استفاده از کولیماتور و از منظر ایمنی موردبررسی قرار گرفت [۱،۲]. هدف از انجام این پروژه به این دلیل بود که متأسفانه مشاهده‌شده که تقریباً اکثر پرتونگاران در زمان استفاده از این مدل تکنیک‌ها از کولیماتور استفاده نمی‌کنند، لذا در این پژوهش با نشان دادن میزان ریسک خطر پرتوگیری در زمانی که کولیماتور بکار نرفته است به نمایش گذاشته شد. تکنیک یک دیواره – یک تصویر (SWSI)، در این تکنیک فیلم خارج از لوله و چشمه پرتوزا درون لوله می‌باشد، این تکنیک به دلیل

اینکه مدت‌زمان تابش اشعه به دلیل کوتاه بودن فاصله چشمه پرتوزا تا فیلم و همچنین نیاز به نفوذ اشعه فقط از یک جداره لوله می‌باشد، لذا بسیار کاهش پیدا می‌کند، در هر موردی که امکان دسترسی به داخل لوله باشد از این روش استفاده می‌شود [۱،۲].

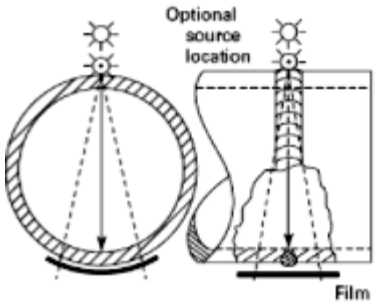
در این روش منبع اشعه درون لوله و به سمت مرکز لوله قرار می‌گیرد و فیلم پرتونگاری در سرتاسر محیط لوله نصب می‌گردد، مانند شکل زیر. درنتیجه با یک‌بار تابش اشعه، جوش محیطی پرتونگاری می‌گردد [۱،۲]. این نوع پرتونگاری به روش پانورامیک معروف می‌باشد و فقط مخصوص لوله‌هایی با قطر بیش‌تر از ۲۰ اینچ کاربرد دارد [۱،۳].



شکل (۱): تصویری از تکنیک SWSI [٤].

تکنیک دو دیواره و یک تصویر (DWSI)، در این تکنیک فیلم و چشمه پرتوزا هر دو خارج از لوله قرار دارند. معمولاً این روش پرتونگاری بیش‌تر از سایر روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، از اشکالات عمده این تکنیک، کاهش حساسیت تصویر پرنوگاری و طولانی‌تر شدن زمان تابش اشعه، جهت نفوذ از دوجداره لوله می‌باشد.

در این مقاله تکنیک دو دیواره و یک تصویر را مورد مطالعه قرار گرفت که مخصوص لوله‌هایی با قطر خارجی بیش از ٤ اینچ می‌باشد و فیلم پرتونگاری بر روی انحنای پیرامون لوله قرار می‌گیرد و فقط تصویر یک جداره از لوله بر روی فیلم ثبت می‌گردد که در تصویر زیر مشاهده می‌کنید [٤،٥].



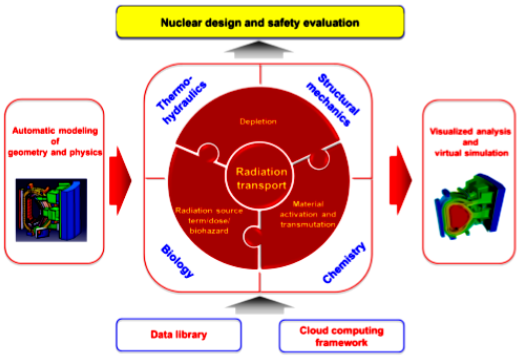
شکل (۲): تصویری از تکنیک DWSI [٤].

۲. روش انجام پژوهش

در این پروژه برای اولین بار در ایران نرم‌افزاری بانام SuperMC معرفی می‌شود که قابلیت‌های بسیار بالایی در محاسبات پرتویی دارد، مشخصه اصلی این نرم‌افزار کار راحت با آن و بدون نیاز به دانستن پیش‌زمینه‌های زبان و کدهای اصلی برنامه‌نویسی می‌باشد [٦]. این نرم‌افزار دارای لایسنس می‌باشد و قابل استناد به مراجع مهم مانند آژانس انرژی اتمی (IAEA) و تمامی مراکز ایمنی می‌باشد که وظیفه جمع‌آوری و نوشتن استانداردهای ایمنی هسته‌ای مانند حفاظت در برابر اشعه (ICRP, ICRU) را دارد. نرم‌افزار SuperMC، بر پایه الگوریتم مونت‌کارلو نوشته‌شده است که توسط تیم FDS که از مؤسسات پژوهشی دانشگاه علوم و فنون چین (USTC)، می‌باشد [٦]. این تیم نزدیک به ۵۰۰ عضو دارد که تقریباً ۸۰٪ درصد آن‌ها دارای مدرک دکترا می‌باشند [٦]. این موسسه کارهای تحقیقاتی متعددی در چین و کشورهای مختلف جهان انجام داده‌اند (مانند: ITER، برنامه ملی تحقیقات اساسی کشور چین، IAEA، برنامه ملی تحقیق و توسعه فن‌آوری‌های بالا در چین و غیره) [٦]. پروژه این نرم‌افزار در ابتدا با نامه MCAM و باهدف یک واسط گرافیکی جهت طراحی اجسام و ژئومتری‌های پیچیده شروع به کار کردند و سپس تبدیل آن‌ها به کدهای مهم هسته‌ای مانند: mcnpx, Geant, Fluka و غیره، که در ادامه با اضافه کردن کتابخانه‌ای قوی بانام ENDF

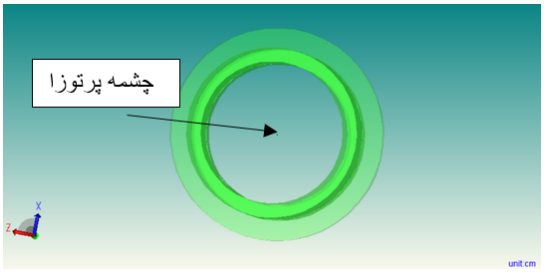
به آن‌که حاصل اطلاعات تجربی از پروژه‌های مختلف (مانند ITER, FDS-II, IAEA-BN600, IAEA-ADS,BREAVRS و غیره) می‌باشد، نرم‌افزار SuperMC ساخته شد. در حال حاضر، آخرین ورژن این نرم‌افزار یعنی ۳/۲ آن قابلیت طراحی یک راکتور کامل هسته‌ای و محاسبات مختلف مانند مصرف سوخت (Burn-Up)، محاسبات انواع شارها (نوترون و گاما)، انواع محاسبات نوترونیک، حفاظ-سازی، فعال‌سازی هسته‌هایی که تحت تشعشع و بمبارن چشمه‌های نوترونی قرارگرفته‌اند و انواع دزها (با داشتن کتابخانه ICRP,NCRU) و غیره را دارد.

قسمت تجسم این نرم‌افزار، قابلیت این را دارد که بعد از حل مسئله طراحی و شبیه‌سازی‌شده، در پایان نتایج را به‌صورت ۲ و ۳ بعدی و یا با رسم نمودرهای ۲ بعدی یا ۳ بعدی کانتوری نمایش دهد [٦].

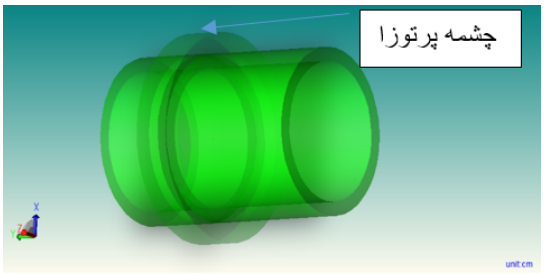


شکل (۳): نمودار ساختاری از نرم‌افزار SuperMc [٦].

در این مقاله به کمک نرم‌افزار SuperMC یک لوله که قطری بیش از ٤ اینچ دارد را به‌گونه‌ای طراحی شد که می توان هم‌زمان از ۲ تکنیک ذکرشده در بالا استفاده کرد. در اشکال زیر نمایی از محیط شبیه‌سازی‌شده به کمک نرم‌افزار، نمایش داده شده است.



شکل (٤): تصویری از تکنیک SWSI.

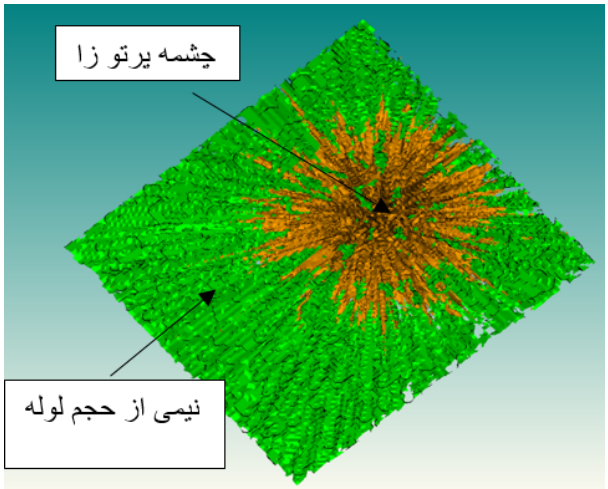


شکل (٥): تصویری از تکنیک DWSI.

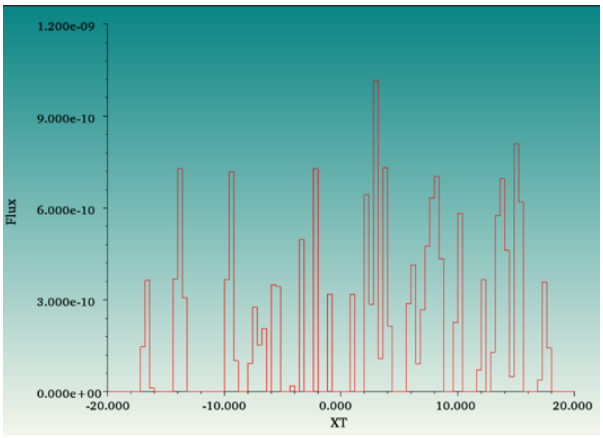
و در ادامه به کمک نرم‌افزار SuperMC و به کمک مش تالی و f تالی خروجی‌های از شار گاما در اطراف لوله و چشمه محاسبه شد که نمودارهای آن در قسمت نتایج آمده است.

۳. نتایج حاصل از پژوهش

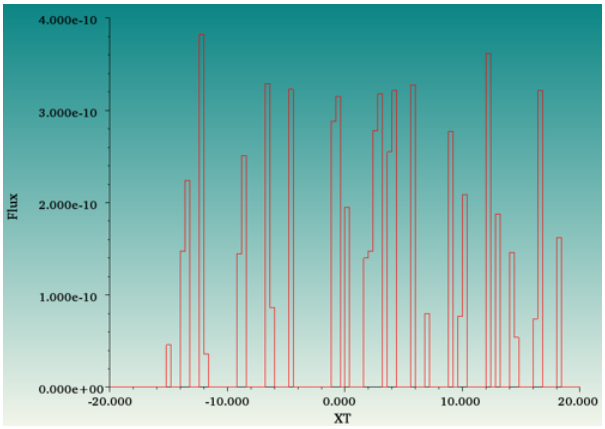
نتایج و نمودارهایی که از تکنیک SWSI محاسبه‌شده است به شرح زیر می‌باشند:



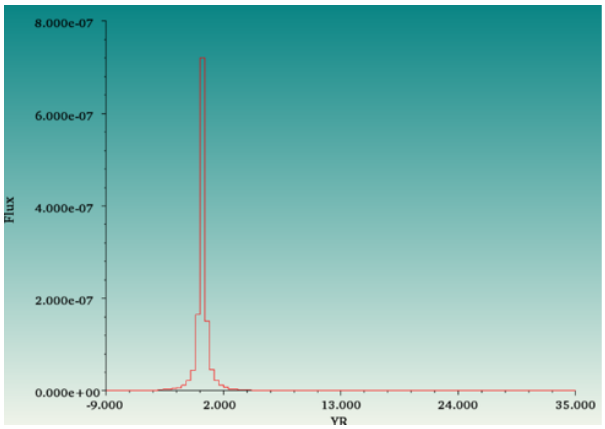
شکل (٦): نمایی از واپاشی چشمه در تکنیک SWSI.



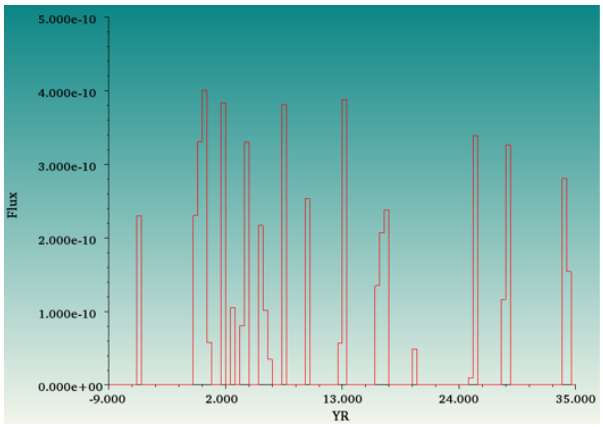
شکل (۷): نمودار شار گاما درون لوله و نزدیک به چشمه در راستای محور x.



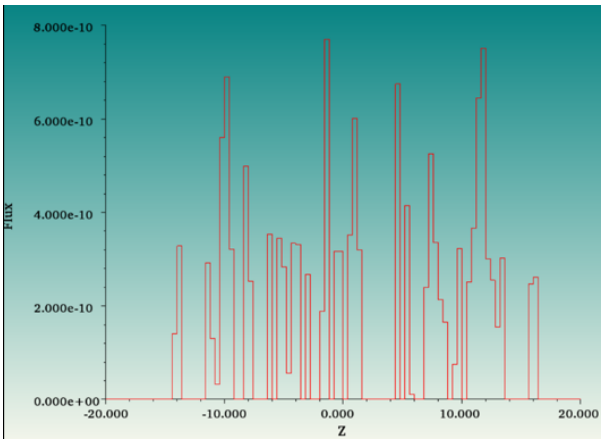
شکل (۱۰): نمودار شار گاما بیرون لوله و نزدیک به چشمه در راستای محورx.



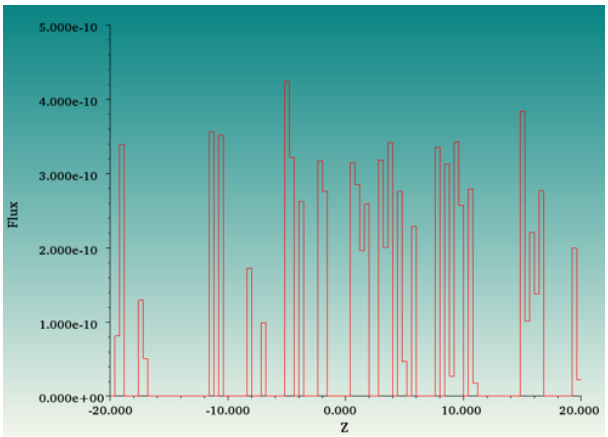
شکل (۸): نمودار شار گاما درون لوله و نزدیک به چشمه در راستای محور y.



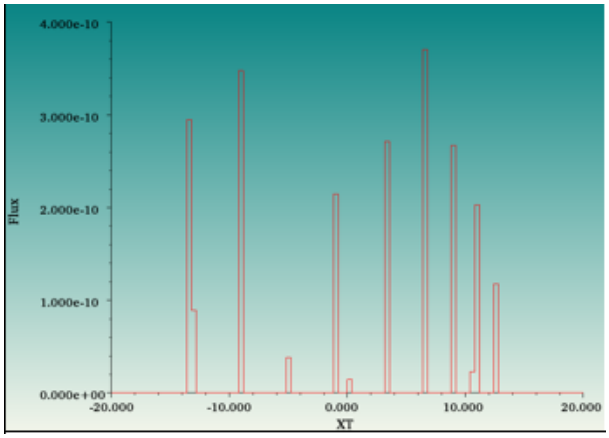
شکل (۱۱): نمودار شار گاما بیرون لوله و نزدیک به چشمه در راستای محورy.



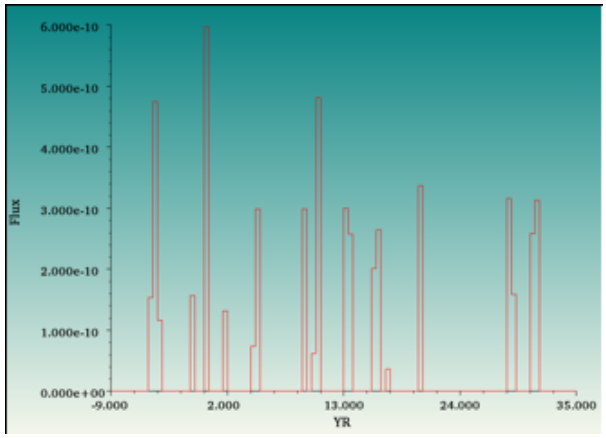
شکل (۹): نمودار شار گاما درون لوله و نزدیک به چشمه در راستای محور z.



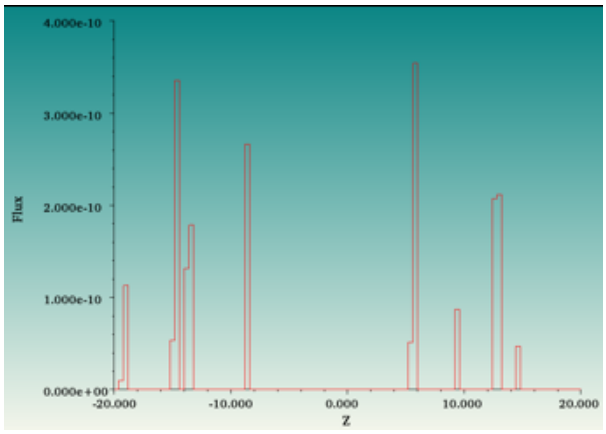
شکل (۱۲): نمودار شار گاما بیرون لوله و نزدیک به چشمه در راستای محور z.



شکل (۱۳): نمودار شار گاما بیرون لوله و در فاصله دورتر نسبت به چشمه در راستای محورx.

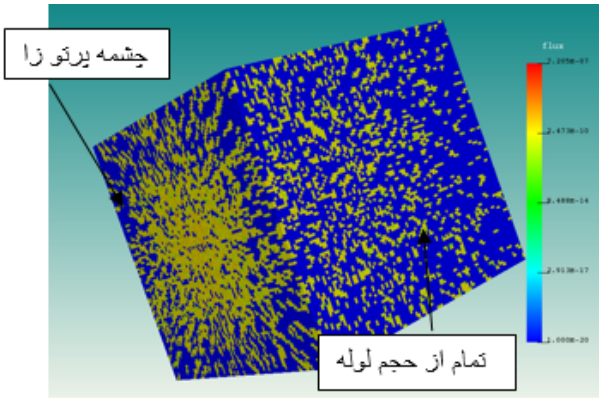


شکل (۱٤): نمودار شار گاما بیرون لوله و در فاصله دورتر نسبت به چشمه در راستای محور y.

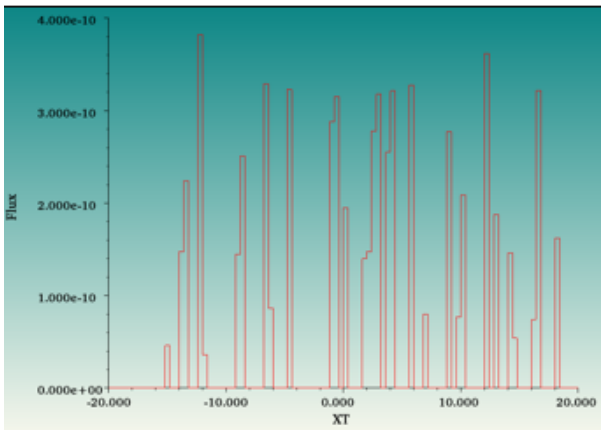


شکل (۱۵): نمودار شار گاما بیرون لوله و در فاصله دورتر نسبت به چشمه در راستای محور z.

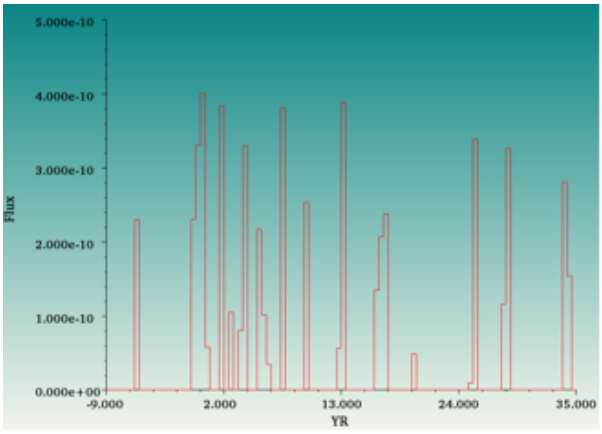
نتایج و نمودارهایی که از تکنیک DWSI محاسبه‌شده است به شرح زیر می‌باشند:



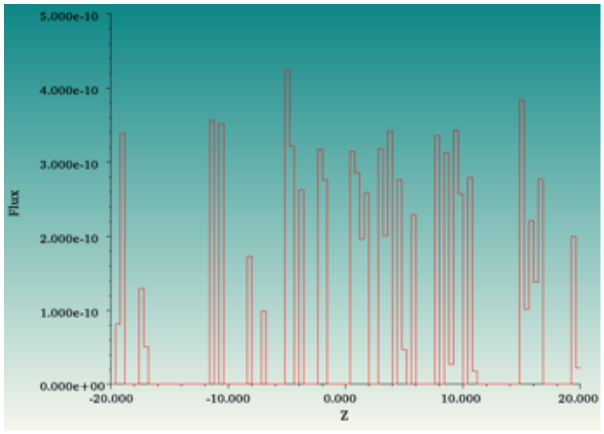
شکل (١٦): نمودار کانتوری از تکنیک DWSI.



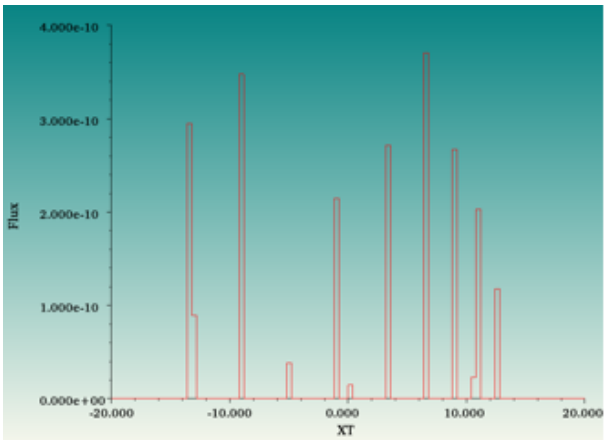
شکل (۱۷): نمودار شار گاما لبه لوله و نزدیک به چشمه در راستای محور x.



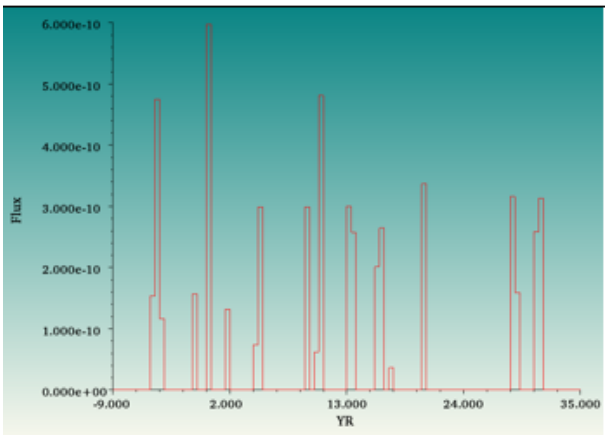
شکل (۱۸): نمودار شار گاما لبه لوله و نزدیک به چشمه درراستای محور y.



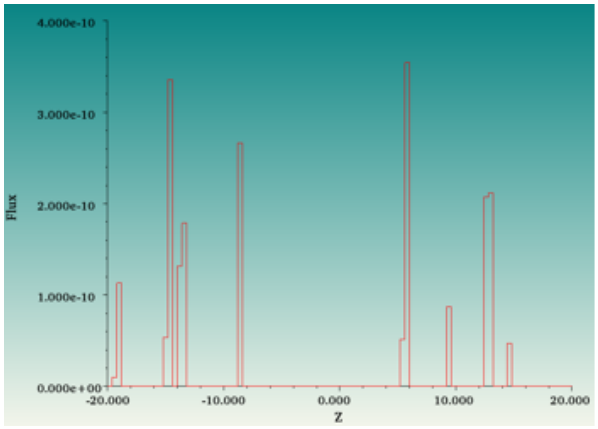
شکل (۱۹): نمودار شار گاما لبه لوله و نزدیک به چشمه در راستای محورZ.



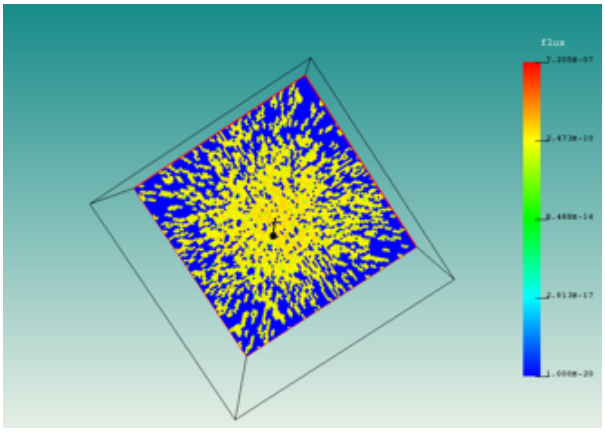
شکل (۲۰): نمودار شار گاما پشت لوله و به سمت فیلم و فضای آزاد پشت لوله در راستای محور x.



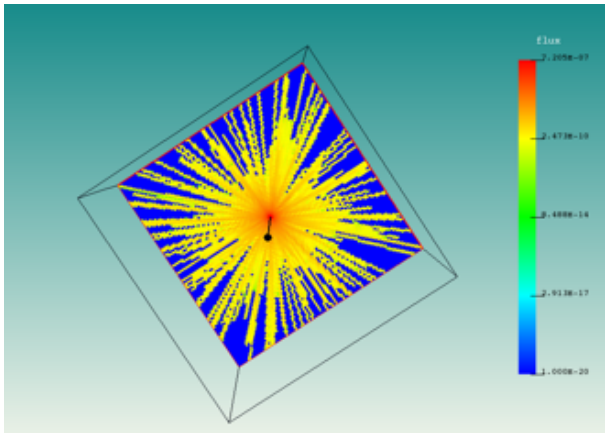
شکل (۲۱): نمودار شار گاما پشت لوله و به سمت فیلم و فضای آزاد پشت لوله در راستای محور y.



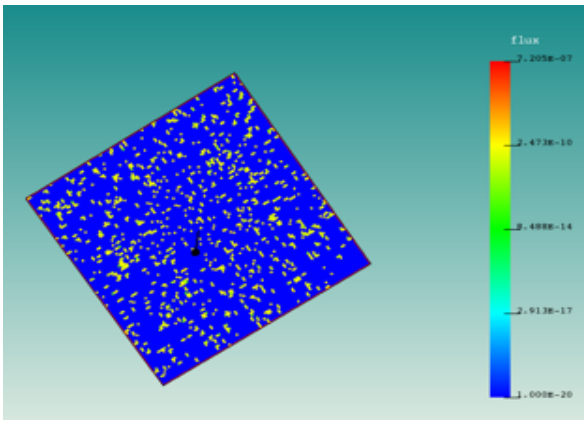
شکل (۲۲): نمودار شار گاما پشت لوله و به سمت فیلم و فضای آزاد پشت لوله در راستای محور z.



شکل (۲۳): نمودار کانتوری شار گاما فاصله دورتر از لوله و به سمت چشمه.



شکل (۲٤): نمودار کانتوری شار گاما در لبه لوله و نزدیک به چشمه.



شکل (۲۵): نمودار کانتوری شار گاما در پشت لوله و در فاصله دورتر از چشمه.

٤. نتیجه‌گیری

در نمودارهای بالا به‌طورکلی می‌توان مشاهده کرد که در صورت عدم استفاده از کولیماتور حتی در تکنیک یک دیواره – یک تصویر (برخلاف تصور خیلی از پرتونگاران، چون سورس درون لوله هست، پس خطری ندارد)، اگر پرتونگار نتواند زمان شوت کردن چشمه خود را به‌موقع به منطقه آزاد برساند متأسفانه ممکن است در یک روز بیش از ۱۵۰ میکرو سیورت دز دریافت کند و همچنین این خطر وجود دارد که محیط اطراف را هم آلوده به تشعشات پرتویی کند. با دید تخصصی و ریزبینانه‌تر می‌توان مشاهده کرد که دز دریافتی در تکنیک یک دیواره – یک تصویر در حالت بیرون از لوله و در فاصله ایمن از چشمه، در جهت محور y، یا همان مسیر لوله که به فضای آزاد راه دارد بیش‌ترین میزان شار را ساطع می‌کند که اگر پرتونگار بتوان به‌صورت عمود بر این جهت به سمت چشمه حرکت کند ریسک گرفتن پرتو بیش از اندازه را کم‌تر می‌کند.

همچنین در تکنیک دو دیواره – یک تصویر، نیز مشاهده می‌شود که در موقعیت به سمت چشمه شار گاما بسیار بالایی در حال ساطع شدن می‌باشد ولی در عوض در پشت لوله و به سمت فیلم این شار به مقدار بسیار زیادی کاهش‌یافته است. در این مورد شار در راستای محور y بیش‌ترین مقدار را دارد و همچنین در راستای محور x به دلیل برخوردهای غیر کشسان پرتوهای گاما با لبه لوله کمی نامنظی دیده می شود لذا بهترین حالت برای حرکت پرتونگار در هنگام کار با این تکنیک، جهت فرار در هنگام شوت کردن چشمه، از سمت فیلم و پشت به لوله می‌باشد.

۵. مراجع

[۱] فردوسی، آ. اصول رادیوگرافی صنعتی. گاما راد، (۱۳۹۲).

[۲] مرکز پژوهشی و مهندسی جوش ایران. بازرسی جوش، (۱۳۹۰).

[3] IAEA.. Industrial Radiography Training Course Series (No. 3). (1992).

[4] ASME. Article 2, Radiographic Examination (Section. V). (2003).

[5] TWI Ltd. Practical Radiography. (Rev 2). (2005).

[6] FDS-Team. SuperMC User Manual-EN. (V 3.2). (2018).