

استفاده از پس‌پراکندگی پرتوهای گامای چشمه ^{192}Ir در طراحی سامانه مین‌یاب

توکلی عنبران، حسین*^۱؛ ایزدی نجف آبادی، رضا^۲؛ میری حکیم آباد، سید هاشم^۲

^۱ دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

^۲ گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

ما در کار قبلی [۱] اقدام به طراحی و بهینه‌سازی موزیساز-آشکارساز در سامانه‌های مین‌یاب زمینی با استفاده از روش پس‌پراکندگی پرتوهای گامای چشمه ^{241}Am با انرژی 0.06 MeV و آشکارساز NaI(Tl) کردیم. در این تحقیق اثر تغییر انرژی چشمه بر روی سامانه مین‌یاب با استفاده از پرتوهای گامای چشمه ^{192}Ir با انرژی متوسط 0.35 MeV به روش مونت‌کارلو با استفاده از کد MCNP بررسی شد. حفاظ آشکارساز NaI(Tl) استوانه‌ای سربی به ضخامت 2 mm و ارتفاع 100 mm ، موزیساز آشکارساز استوانه‌ای سربی به ضخامت 2 mm ، ارتفاع 14 mm و شعاع پنجره برابر با شعاع پنجره آشکارساز بدست آمد. همچنین زاویه محور آشکارساز و زاویه گسیل پرتوهای گامای چشمه ^{192}Ir با سطح خاک برای بدست آوردن بیشینه کنتراست، به ترتیب، 90° و 70° بدست آمدند. در نهایت می‌توان گفت با افزایش انرژی چشمه کنتراست کاهش می‌یابد اما می‌توان با اعمال راهکاری مناسب عمق آشکارسازی نمونه را افزایش داد.

Use of gamma-rays back scattering of the ^{192}Ir isotopic source for the design of the landmine detection device

Tavakoli-Anbaran, Hossien¹; Izadi-Nagafabadi, Reza²; Miri-Hakimabad, Hashem²

¹ Department of Physics, Faculty of Physics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

² Department of Physics, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

In our previous work [1], the detector collimator of the landmine detection device has designed and optimized using gamma-rays back scattering of ^{241}Am isotopic source with 0.06 MeV in energy and NaI(Tl) detector. In this study the effect of changing energy of gamma-rays on the landmine detection device using ^{192}Ir source gamma-rays with 0.35 MeV in the average energy of emitted gamma-rays was evaluated by Monte Carlo method using the MCNP code. NaI(Tl) detector shield was obtained the lead cylindrical with 2 mm in thickness and 100 mm in height. NaI(Tl) detector collimator was obtained the lead cylindrical with 2 mm in thickness, 14 mm in height and the inner radius equal to the radius of the detector window. The angle of axis detector and gamma-rays emission from ^{192}Ir source with the soil surface were obtained respectively 90 and 70 degree to obtain maximum contrast. Finally, we can say that with increasing energy of gamma-rays, contrast decreases, but if the landmine detection device is optimized, the depth of landmine detection is increased.

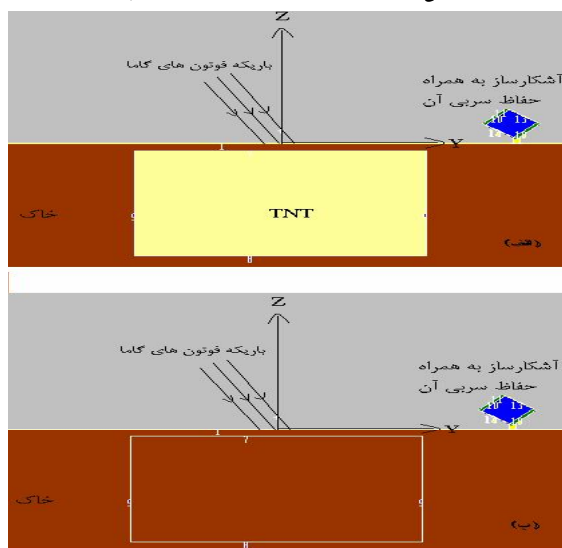
PACS No. 20

کردن روشی دقیق، ساده و ارزان برای کشف آنها همواره مورد توجه بوده است [۲]. معمولاً مین‌های ضد نفر نزدیک به سطح خاک دفن می‌شوند و مواد تشکیل دهنده آنها غالباً از ترکیبات O, C, H و N تشکیل شده‌اند [۴]. مواد منفجره حاوی نیتروژن، دارای چگالی در محدوده 1650 تا 1900 Kg.m^{-3} می‌باشند [۴] (مثل

مقدمه

بیش از 100 میلیون مین زمینی ضد نفر در مناطق مختلف این کره خاکی مدفون است و سالانه تعداد زیادی از انسانها در این مناطق دچار آسیب بدنی یا مرگ می‌شوند. یکی از معضلات ناشی از جنگها کشف و ختنی کردن این مین‌ها است [۳-۲]. لذا پیدا

بینید)، سپس زاویه گسیل پرتوهای گاما با سطح خاک از 180° تا 90° با گام 10° و در هر حالت زاویه آشکارساز با سطح خاک از 10° تا 90° با گام 10° تغییر داده شد و در هر حالت برای مجموعه‌ای از مواد همچون TNT، خاک، چوب، آب، پلی‌اتیلن، سنگ آهک، شیشه و ... شار رسیده به آشکارساز و کنتراست بدست آورده شد. تغییرات کمیته بنام کنتراست κ (تفاضل بین شار رسیده به آشکارساز با حضور مین و شار رسیده به آشکارساز در غیاب مین، تقسیم بر شار رسیده به آشکارساز در غیاب مین) بر حسب پارامترهایی همچون فاصله آشکارساز از محور مین و از سطح خاک، تغییر نمونه دفن شده به جای مین و در نهایت شعاع، ارتفاع و ضخامت حفاظ و موازیساز بهینه بدست آورده شد و عمق نمونه دفن شده بررسی شد. با توجه به توضیحات بیان شده در مرجع [۸] اقدام به نوشتن فایل ورودی کد MCNP برای هر حالت از زاویه θ_D و θ_S کردیم. هر دو زاویه θ_D و θ_S از 10° تا 90° با گام 10° متغیر در نظر گرفته شد و این سبب به وجود آمدن ۹ حالت زاویه برای هر یک از زوایای θ_D و θ_S می‌شود. از طرفی از آنجا که این محاسبات در شش مکان متفاوت در سطح خاک به فواصل $2/5\text{cm}$ از یکدیگر برای دو حالت مین دفن شده در خاک و بدون مین انجام می‌شود، در مجموع به اندازه $9 \times 9 \times 6 \times 2 = 1080$ فایل ورودی کد MCNP نوشته و اجرا شد.



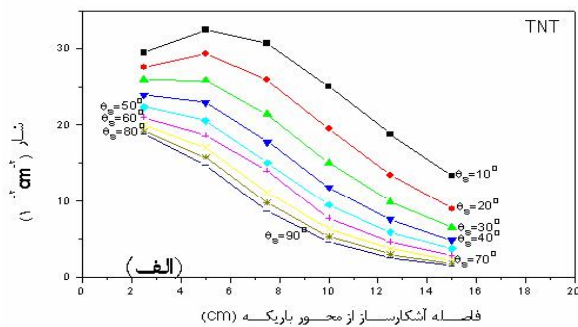
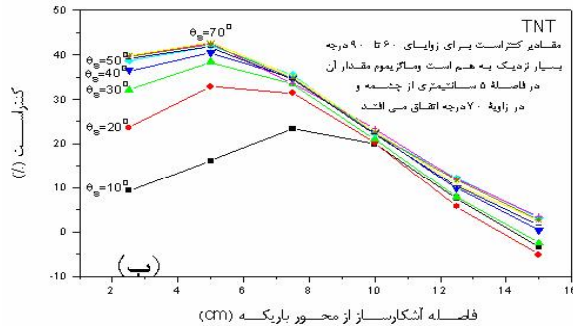
شکل ۱: طرحی از سامانه مین یاب شبیه‌سازی شده. الف- با هدف TNT. ب- خاک بدون هدف.

TNT با فرمول شیمیایی $(C_7H_5N_3O_6)$ لذا این مواد از فلزات سبکتر و از مواد آلی سنگین‌تر می‌باشند و از مقایسه با خاک سبک و سنگین با چگالی 500 تا 1200 kg.cm^{-3} در می‌یابیم که می‌توان از پس پراکندگی پرتوهای گاما که ارتباط مستقیم با چگالی ماده پراکنده دارد، برای آشکارسازی مین دفن شده استفاده کرد [۶-۸]. در واقع با بررسی میزان تغییرات شار فوتون‌های پراکنده شده در حضور مین و در غیاب آن و مقایسه آن دو می‌توان به حضور یا عدم حضور ماده‌ای از جمله مین آگاه گشت. اولین بار نظامیان آمریکا در سال ۱۹۷۵ از پراکندگی کامپتون در آشکارسازی مین-های زمینی استفاده کردند [۸]. در سال ۲۰۰۴ [۴] Tang مجدداً با چشمه‌های ^{241}Am ، ^{137}Cs و ^{60}Co آزمایش‌های مربوط به کشف مین را انجام داد و در نهایت چشمه ^{241}Am را انتخاب کرد و با استفاده از آشکارساز NaI(Tl) حداکثر عمق آشکارسازی مین 8 cm بدست آورد. با بررسی کار دیگران مشاهده می‌شود که هنوز برای بهینه کردن سامانه مین‌یاب کارهای پژوهشی زیادی می‌توان انجام داد [۱۱-۱]. در همین راستا در کارهای قبلی‌مان به ترتیب، اقدام به طراحی و بهینه سازی موازیساز-آشکارساز در سامانه‌های مین یاب زمینی (که از روش پس‌پراکندگی پرتوهای گامای چشمه ^{241}Am و آشکارساز NaI(Tl) در آن استفاده می‌شود) [۱]، بدست آوردن آهنگ دز محیطی این سامانه مین‌یاب [۹] و در نهایت بررسی توانمندی کشف مین زمینی با استفاده از کنتر گایگر-مولر [۱۰] کردیم. لذا در این کار جدید اقدام به بررسی اثر انرژی پرتوهای گاما و بدست آوردن پارامترهای مورد نیاز در طراحی سامانه مین‌یابی که در آن از چشمه ^{192}Ir استفاده می‌شود، کردیم. همچنین مجموعه کارهای انجام شده در این تحقیق با داده‌های تجربی انجام شده توسط همین گروه مقایسه و به زودی در مقاله-ای دیگر ارائه خواهد شد.

روش کار

کلیه پارامترهای مورد نیاز در این شبیه سازی از جمله ابعاد جعبه خاک، فرمول شیمیایی و چگالی مواد استفاده شده به جای مین و دیگر موارد مورد نیاز از قبیل طیف چشمه ^{192}Ir در شبیه-سازی در مرجع [۱۱ و ۱۰] آمده است. در این بررسی ابتدا با استفاده از کد MCNP سامانه مین‌یاب شبیه‌سازی شد (شکل ۱ را

و $\theta_D = 90^\circ$ و $\theta_S = 70^\circ$ به این نتیجه می‌رسیم که می‌توان از این چشمه برای آشکارسازی مین‌های دفن شده استفاده کرد.



شکل ۲- الف و ب: به ترتیب، نمودار تغییرات شار فوتون‌های رسیده به آشکارساز و کنتراست (C) بر حسب فاصله آشکارساز از محور مین برای نه مقدار θ_S ، برای نمونه TNT دفن شده در خاک، در زاویه $\theta_D = 90^\circ$.

باتوجه به شکل ۳، برای دو هدف خاک و TNT، مقدار شار رسیده به آشکارساز با افزایش ضخامت حفاظ آن افزایش می‌یابد. علت آن در گیر اندازی مجدد فوتون‌هایی که قصد فرار از حجم آشکارساز را دارند، می‌دانیم. همچنین مشاهده می‌شود کنتراست در ضخامت برابر با ۲mm بیشینه می‌شود و از آن ضخامت به بعد مقدار کنتراست ثابت باقی می‌ماند لذا برای جلوگیری از افزایش وزن سامانه مین‌یاب ضخامت بهینه حفاظ آشکارساز ۲mm بدست آمد. با توجه به شکل ۴، ارتفاع بهینه موازی‌ساز آشکارساز هفت برابر ضخامت نیم لایه سر در انرژی متوسط پرتوهای گامای چشمه ^{192}Ir یعنی ۱۴ mm و شعاع داخلی آن هم برابر با ۱۴ mm یعنی برابر با پنجره آشکارساز بدست آمد. برای شکل موازی‌ساز مشابه کار انجام شده در مرجع [۱] سه حالت واگرا، همگرا و موازی در نظر گرفته شد که در نهایت با شکل موازی بیشینه کنتراست و شار بدست آمد. در پایان با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود با افزایش انرژی چشمه، مقدار کنتراست به طور قابل توجه

در هر حالت از اجرای برنامه پارامترهایی همچون شار (ϕ) فوتونهای رسیده به آشکارساز، کنتراست (C) و fom برای خاک و TNT بدست آوردیم. پس از بدست آوردن زاویه بهینه محور آشکارساز و پرتوهای گسیلی از چشمه در این زاویه بهینه اقدام به بدست آوردن حفاظ و موازی‌ساز بهینه آشکارساز (توجه داشته باشید که برای انرژی متوسط پرتوهای گامای چشمه ^{192}Ir یعنی 0.35 MeV مقدار ضخامت نیم لایه سرب حدودا ۲ mm است) کردیم و در نهایت برای بررسی قدرت تشخیص مواد متفاوت از TNT، مواد مختلفی به جای مین دفن شده و کد اجرا شد. قابل ذکر است در تمامی مراحل مقادیر کنتراست با خطای آماری کمتر از ۵٪ بدست آورده شد.

نتایج

نمودارهای شار (ϕ) فوتونهای پس پراکنده از خاک با مین و کنتراست (C) TNT در خاک بر حسب فاصله آشکارساز از محور مین برای زوایای متفاوت گسیل پرتوهای گاما با خاک در شکل ۲ نمایش داده شده است. در شکل ۳ تغییرات شار و کنتراست برای نمونه TNT دفن شده در خاک بر حسب تغییر ضخامت حفاظ سربی آشکارساز رسم شده است (برای بدست آوردن ضخامت مناسب حفاظ آشکارساز). در شکل ۴ تغییرات کنتراست بر حسب ارتفاع موازی‌ساز و شعاع داخلی موازی‌ساز نشان داده شده است. در پایان در جدول ۱ مقادیر کنتراست مواد مختلف حاصل از این کار (با استفاده از چشمه ^{192}Ir) را با کار قبلی مان (با استفاده از چشمه ^{192}Ir) [۱] مقایسه کرده‌ایم.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به شکل ۲، بیشینه مقدار شار در فاصله $d = 5 \text{ cm}$ و در زوایای $\theta_D = 90^\circ$ و $\theta_S = 10^\circ$ بوجود می‌آید، بطوریکه هرچه زاویه θ_S بزرگتر می‌شود، مکان این بیشینه شار به محور مین نزدیکتر می‌شود. بیشترین مقدار کنتراست در فاصله $d = 5 \text{ cm}$ بدست می‌آید و در زوایای $\theta_D = 90^\circ$ و $\theta_S = 70^\circ$ با مقدار $C = 42/70$. البته در زاویه $\theta_S = 90^\circ$ هم مقدار کنتراست خیلی نزدیک به مقدار بیشینه آن و برابر با $C = 41/70$ می‌باشد. از روی نتایج بدست آمده برای کنتراست در فاصله $d = 5 \text{ cm}$

جدول ۱، مقایسه کنتراست مواد مختلف در خاک برای چشمه ^{241}Am و ^{137}I .

ماده	چگالی (kg.m^{-3})	%C با چشمه ^{241}Am	%C با چشمه ^{192}Ir
خاک	۱۱۲۰	۰	۰
TNT سنگین	۱۸۵۰	۱۵/۴۱	۴۳/۳۰
آب	۱۰۰۰	۲۷۹/۳۵	۶/۳۰
پلی اتیلن	۹۲۰	۴۶۸/۷۸	۴/۶۰
چوب	۵۰۰	۵۰۳/۵۲	-۱/۱۰
صخره گرانیته	۲۵۰۰	-۸۴/۲۳	۳/۷۴

مراجع

[۱]- H. Tavakoli-Anbaran, H. Miri-Hakimabad, R. Izadi-Najafabad, Optimization of a detector-collimator for use in a gamma-ray backscattering device for anti-personal landmines detection, Journal of Applied Sciences 9(9): 1752-1757, 2009.

[۲]- F.D. Brooks, A. Buffler, M.S. Allie "Detection of anti-personnel landmines using neutrons and gamma-rays" Radiation Physics and Chemistry 71 (2004) 749-757

[۳]- Ali Pazirandeh, Maryam Azizi, S. Farhad Masoudi "Monte Carlo assessment of soil moisture effect on high-energy thermal neutron capture gamma-ray by ^{14}N " Applied radiation and isotopes 2006, vol. 64, pp. 1-6 [6 page(s)]

[۴]- Shuo-Sheng Tang, Esam M.A. Hussein, "Use of isotopic gamma sources for identifying anti-personal landmine" Applied Radiation and Isotopes, 61 (2004) 3-10

[۵]- Esam M.A. Hussein, Marc Desrosiers, Edward J. Waller, "On the use of radiation scattering for the detection of landmine" Radiation Physics and Chemistry, 73 (2005) 7-19

[۶]- Hussein, E. M. A., "Radiation scattering methods for nondestructive testing and imaging." In: Int. Advances in Nondestructive Testing, ed. W. G. McGonagle, Vol. 14. Gordon & Breach, New York, pp. 301-320

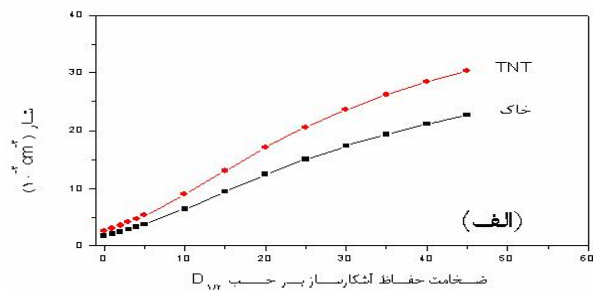
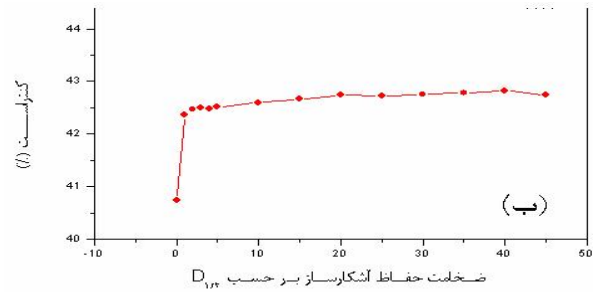
[۷]- Roder, F.L., Richard, A.K., March 1975. Theory and application of X-ray and gamma-ray backscatter to landmine detection. Technical Report 2134, US Army Mobility Equipment Research and Development Center. Accession Number: AD-A015 541

[۸]- توکلی عنبران حسین؛ بررسی توانمندی روش پس پراکندگی فوتونهای گاما در شناسایی مین‌های زمینی؛ رساله دکتری؛ ۱۳۸۶.

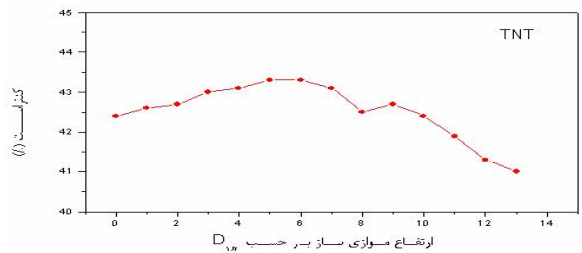
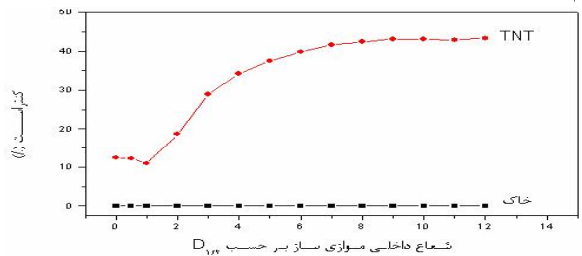
[۹]- توکلی عنبران حسین؛ شجاعی محمد رضا؛ آهنگ دز محیطی سامانه مین-یاب طراحی شده بر اساس روش پس پراکندگی کامپتون پرتوهای گاما؛ همایش منطقه‌ای فیزیک دانشگاه پیام نور (آذربایجان غربی- شرقی) میاندوآب، ۲۱ آبان ۱۳۸۸.

[۱۰]- توکلی عنبران حسین؛ شرفی تخمدل اکرم؛ شارق محمد؛ بررسی توانمندی کشف مین زمینی با استفاده از شمارنده گایگر-مولر؛ پانزدهمین کنفرانس هسته‌ای ایران، دانشگاه گلستان، ۱۵ و ۱۴ اسفند ۱۳۸۷.

[۱۱]- Hussein, E.M.A., Marc Desrosiers, Edward J. Waller, 2005. On the use of radiation scattering for the detection of landmines. Radiat. Phys. and Chem. 73, 7-19.



شکل ۳- الف و ب: به ترتیب، نمودار تغییرات شار فوتون‌های رسیده به آشکارساز و کنتراست بر حسب ضخامت حفاظ آشکارساز بر حسب ضخامت نیم لایه سرب در انرژی ۰/۳۵ MeV.



شکل ۴- الف و ب: به ترتیب، نمودار تغییرات کنتراست بر حسب ارتفاع موازی‌ساز و شعاع داخلی موازی‌ساز بر حسب ضخامت نیم لایه سرب در انرژی ۰/۳۵ MeV.

کاهش می‌یابد. ولی می‌توان با اعمال راه کاری دیگر با همین چشمه ^{192}Ir نه تنها کنتراست را افزایش داد بلکه عمق آشکارسازی نمونه دفن شده را هم نسبت به چشمه ^{241}Am افزایش داد که در کار تحقیقی بعدی آن را به همراه نتایج تجربی بیان می‌کنیم.