

برازش طیف پرتوی گامای با قدرت تفکیک پایین (Low Resolution) توسط تابع تبدیل ویجت

آرام صالحی^{۱*}، ایرج جباری^۲، سید یحیی مرادی^۳

^۱دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه مهندسی هسته‌ای

^۲دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه مهندسی هسته‌ای

^۳دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پزشکی

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۵/۲۵ - تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۰۱)

چکیده

برای آشکارسازی پرتوی گاما از یک بلور یدید سدیم به همراه مقدار خیلی کمی تالیوم به صورت ناخالصی، استفاده می‌شود. از طرف دیگر با توجه به اهمیت شناسایی کمی و کیفی ناخالصی‌های رادیونوکلیدی در تولید رادیوداروها و مصارف عمومی، همواره موضوع طیف سنجی بسیار مهم قلمداد می‌گردد و لذا باید با نهایت دقت انجام پذیرد. به صورت ویژه پردازش‌های سیگنال مربوط نیز باید دقیق صورت پذیرد. با توجه به این موارد یکی از عوامل مؤثر در دقت تشخیص قله و سطح زیر آن در طیف سنجی گاما با قدرت تفکیک پایین، نوع تابع توزیع به کار رفته برای برازش قله‌ها است. در این پژوهش، با توجه به نرم افزارهای موجود میزان اثرات هر یک از توابع گوسی، لونتزین، لجستیک، پیرسون و ویجت برای برازش قله‌ها بررسی گردید. همچنین طیف حاصل از کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷ برای مقایسه توابع توزیع مختلف مذکور با استفاده از یک آشکارساز یدور سدیم ۲_ اینچی تهیه گردید. در پایان نتایج نشان دادند که در این بین توابع ویجت و گاوسی در مقایسه با دیگر توابع از خطای کمتری برخوردار هستند و برای تحلیل طیف گاما با قدرت تفکیک پایین مناسب‌تر هستند.

واژه‌های کلیدی: طیف سنجی گاما، تشخیص قله، برازش منحنی، پرتوی با قدرت تفکیکی کم

*اصفهان، اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه مهندسی هسته‌ای

۱. مقدمه

این بازدهی خوب آشکار سازهای یدور سدیم برای تابش‌های الکترومغناطیسی باعث شده تا به‌طور گسترده از آشکار سازها جهت اندازه گیری پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما استفاده شود. این آشکار ساز غالباً برای اندازه گیری شدت و یا طیف انرژی تابش الکترومغناطیسی با انرژی کم مورد استفاده قرار می‌گیرد، با توجه به این‌که این آشکار ساز نیاز به خنک شدن ندارد، برای کاربردهای صحرایی مناسب است، چرا که می‌تواند در مدت زمان طولانی در محیط گرم و مرطوب به کار گرفته شود همچنین بطور قابل ملاحظه ای در مقابل ضربه مقاومت نشان می‌دهد و در مقابل تخریب تابشی هم مقاومت خوبی دارد [۱-۵]. از این آشکار ساز برای آشکار سازی پرتو گاما با قدرت تفکیک متوسط به طور وسیعی استفاده می‌شود. به کمک برازش منحنی می‌توان معادله‌های خطوط پیچیده و یا بدون توصیف دقیق ریاضی را به وسیله مجموعه‌ای از نقاط گذرنده از یک منحنی ثانویه توصیف کرد. این نقاط می‌توانند ناشی از داده‌های آزمایشگاهی یا نمونه اصلی و بدون خطای سیگنال باشند. در این حالت به ازای نقاط موجود، یک معادله گذرنده از این نقاط پیشنهاد می‌شود که لزوماً معادله‌ی بدست آمده از همه داده‌های مذکور عبور نمی‌کند ولی بهترین معادله موجود معادله‌ای خواهد بود که به تمامی داده‌های موجود، نزدیک باشد [۶، ۷]. استفاده از یک تابع مناسب برای برازش طیف همواره و در بیشتر زمینه‌ها مورد توجه بوده است. طراحی الگوریتم‌های بهتر می‌تواند به بهبود آنالیز طیف‌های گامای رزولوشن پایین کمک شایانی ارائه نماید که در این بین عواملی همانند: نداشتن فوتوپیک سالم، نویز زمینه (مخصوصاً در مواقعی که زمان شمارش کم

است) و سایر عوامل باعث ایجاد خطا و مشکل در شناسایی محل پیک و مساحت زیر پیک می‌شوند. مشکلات بالا باعث پهن شدگی غیریکنواخت پیک در اطراف مرکز شده و در تابع مذکور ایجاد چولگی می‌نماید به عبارت دیگر در اثر این موضوع شکل طیف حاصله از حالت یک خط به تابع گاوسی دارای چولگی به سمت چپ تغییر شکل می‌دهد، لذا در صورت استفاده از توابعی مانند گاو سی جهت برازش باعث ایجاد خطای بیشتری می‌شود و انتظار می‌رود که برازش توسط توابع دیگر باعث حل این معضل شده و خطای نهایی کاهش یابد [۸]. در این پژوهش اثر تابع به کار رفته در برازش منحنی در طیف سنجی گاما با قدرت تفکیک پایین بررسی شده است.

۲. مواد و روش‌ها

ابتدا چشمه‌های ۵ میکرو کوری کبالت-۶۰ و سزیم-۱۳۷ در فاصله ۱۰ سانتی متری از یک آشکار ساز یدور سدیم به شعاع ۲ اینچ قرار گرفته شدند و سپس برای هر کدام از این چشمه‌ها به مدت یک ساعت مقابل آشکار ساز قرار گرفته و طیف آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس ابتدا بر روی تمامی داده‌های حاصله در محیط متلب عملیات پیش‌پردازش صورت گرفت و پس از استانداردسازی با استفاده از توابع لجستیک، گاوسی، لورنتزین، پیرسون و ویجت برازش روی طیف استاندارد صورت گرفت. کل فرایند آزمایش و تعیین سیگنال و طیف پایه جهت برازش در محل آزمایشگاه آشکار سازی دانشکده علوم فناوری‌های نوین دانشگاه اصفهان اندازه‌گیری شد.

۱. تابع لجستیک:

۵. تابع ویجت:

این تابع از خانواده توابع هیبریدی است و در حالت کلی می توان گفت که مخلوطی از توابع نمایی و توانی است. معادله تابع مشخصه و روابط متغیرهای آن در رابطه (۱) نشان داده شده است [۹, ۱۰].

۲. تابع گاوسی

در این نوع از برازش از تابع گاوسی برای برازش منحنی استفاده شد، در این مرحله کدهای نوشته شده بهترین تقریب را بر پایه تابع گاوسی ارائه داده اند.

تعریف: متغیر تصادفی X ، متغیر گاوسی خوانده می شود هرگاه تابع PDF آن از رابطه (۲) پیروی کند [۱۱, ۱۲].

۳. تابع لورنتزین (کوشی)

تابع دیگری که برای برازش مورد استفاده قرار گرفت تابع کوشی بود. این تابع نوع خاصی از متغیرهای تصادفی پیوسته است که توسط کوشی معرفی شد. تابع PDF آن از رابطه (۳) پیروی می کند، تابع مشخصه آن به صورت رابطه (۳) است [۱۳, ۱۴].

۴. تابع پیرسون

تابع پیرسون در واقع یک تابع لورنتزین است با این تفاوت که با مقدار M در آن متغیر است. در این تابع می توان با تغییر میزان m شکل مناسب تابع را به دست آورد. همچنین مقدار W برابر است با عرض تابع و مزیت استفاده از تابع پیرسون به جای تابع گاوسی و تابع لورنتزین این است که با تغییر پارامتر m می توان منحنی بهتری برازش کرد. تابع آن از رابطه (۴) پیروی می کند [۱۲, ۱۳].

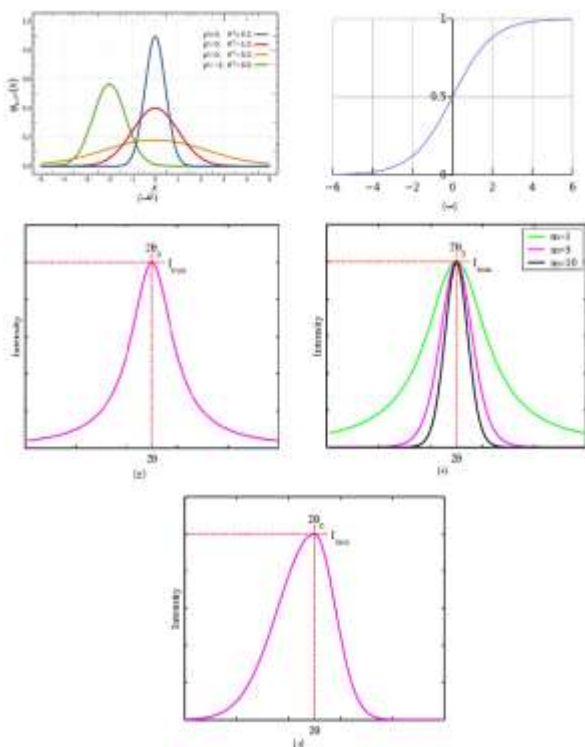
$$f(x) = \frac{L}{1+e^{-x}} \quad (۱)$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (۲)$$

$$P(x) = \frac{1}{\pi} \frac{\lambda}{\lambda^2 + (x-\mu)^2} \quad (۳)$$

$$I(2\theta) = I_{\max} \frac{w^{2m}}{[w^2 + (2^{1/m-1})(2\theta - 2\theta_0)^2]^2} \quad (۴)$$

$$I(2\theta) = I_{hkl}[\eta L(2\theta - 2\theta_0) + (1 - \eta)G(2\theta - 2\theta_0)] \quad (۵)$$



شکل ۱. توابع توزیع مختلف

الف)، گاوسی ب)، لجستیک ج)، لورنتزین د)، پیرسون و

ویجت

۳. نتایج و بحث

در جدول (۱) خطا و ضریب رگرسیون توابع مختلف در تشخیص قله‌های طیف حاصل از سزیم-۱۳۷ و کبالت-۶۰ ارائه شده است. همچنین در شکل ۲ منحنی‌های برازش شده مربوط به سزیم-۱۳۷ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که اکثر توابع استفاده شده خطای کمی را نتیجه می‌دهند.

جدول ۱: میزان خطا و رگرسیون توابع مختلف در تشخیص قله

های طیف گامای سزیم-۱۳۷ و کبالت-۶۰

انرژی	MeV۰/۶۶۲		MeV۱/۱۷		MeV۱/۳۳	
	در	رگرسیو	در	رگرسیو	در	رگرسیو
تابع	خطا	ن	خطا	ن	خطا	ن
لوجستی	۳,۵	۰,۹۸۴۶	۵,۶	۰,۹۱۹۰	۵,۶	۰,۹۲۴۷
ک						
گوسی	۱,۷	۰,۹۹۶۲	۴,۶	۰,۹۴۴۴	۴,۷	۰,۹۴۸۷
لورنتزین	۳,۶	۰,۹۸۳۶	۳,۳	۰,۹۷۲۱	۳,۵	۰,۹۷۱۰
پیرسون	۳,۶	۰,۹۹۳۶	۳,۳	۰,۹۷۲۱	۳,۵	۰,۹۷۱۰
ویجت	۱,۲	۰,۹۹۸۲	۳,۳	۰,۹۷۲۰	۳,۵	۰,۹۷۱۰

شکل (۲): برازش قله 662 keV سزیم-۱۳۷ با استفاده از توابع توزیع مختلف

الف)، گوسی ب)، لجستیک ج)، لورنتزین د)، پیرسون و)، ویجت

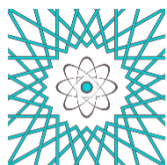
۴. نتیجه گیری

در این تحقیق از توابع لوجستیک، گوسی، پیرسون، لورنتزین و ویجت برای تشخیص و تحلیل قله در طیف سنجی گاما با قدرت تفکیک پایین استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین توابع استفاده شده تابع ویجت با میانگین خطای $2/67\%$ و ضریب رگرسیون $0/9804$ تابعی بهتر جهت برازش قله در طیف گامای با قدرت پایین است.

مراجع

- [1] C.J. Sullivan, et al., Generation of customized wavelets for the analysis of γ -ray spectra. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 579(1), 275-278, 2007.
- [2] R.T. Kouzes, et al., Neutron detection gamma ray sensitivity criteria. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A:

- Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, **654**(1), 412-41, 2011.
- [3] G. Gilmore, Practical gamma-ray spectroscopy, John Wiley & Sons, 2011.
- [4] G.F. Knoll, Radiation detection and measurement, John Wiley & Sons, 2010.
- [5] TRANSAXIAL, C.D.T., APPLICATION OF ANNIHILATION. 1975.
- [6] P. Lancaster, and K. Salkauskas, Curve and surface fitting. An introduction. London: Academic Press, 1, 1986, 1986.
- [7] J.L Dye, and V.A. Nicely, A general purpose curve fitting program for class and research use. J. Chem. Educ, **48**(7), 44, 1971.
- [8] M. Mariscotti, A method for automatic identification of peaks in the presence of background and its application to spectrum analysis. Nuclear Instruments and Methods, **50**(2), 309-320, 1967.
- [9] L.J. Reed, and J. Berkson, The application of the logistic function to experimental data. The Journal of Physical Chemistry, **33**, 760-779, 1929.
- [10] Z. Genhai, L. Zuqi, and Z. Peiren, A STUDY ON DETERMINATION OF LETHAL TEMPERATURE WITH LOGISTIC FUNCTION [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, **3**(3), 11-16, 1986.
- [11] M. Priestley, and M. Chao, Non-parametric function fitting. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), 385-392, 1972.
- [12] Guo, H., A simple algorithm for fitting a Gaussian function. IEEE Signal Process. Mag., 2011. **28**(5): p. 134-137.
- [13] B. Azzerboni, et al., Remarks about Preisach function approximation using Lorentzian function and its identification for nonoriented steels. IEEE transactions on magnetics, **39**(5), p. 3028-303, 2003.
- [14] B. Azzerboni, et al., Reversible magnetization and Lorentzian function approximation. Journal of applied physics, **93**(10), 6635-6637, 2003.



Aboard Dose Assessment in Dual Energy X-ray Vehicle Inspection by Use of Experimental Measurement in Human Rando Phantom

M. Hashemi-Nejad^{1*}, M. Kahani², H. Jafari³, H. Shafaei-Douk⁴, M. Azarbadegan⁵ and Samaneh Hashemi²

1. MSc., Department of Physics, Islamic Azad University, Tehran, Tehran, Iran

2. Ph.D. Student, Department of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Tehran, Iran

3. Ph.D. Student, Department of Physics and Nuclear Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Tehran, Iran

4. MSc., Department of Nuclear Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Tehran, Iran

5. MSc., Department of Electrical Engineering, University of Science and Technology, Tehran, Tehran, Iran

(Received: 16/08/2017- Accepted: 22/11/2017)

ABSTRACT

One of the most effective and comprehensive ways to deal with security risks as well as smuggling of contraband including drugs is using Dual Energy X-ray inspection devices with the capability of materials classification. An important parameter in relation to the use of these devices in the vehicle inspection is the car driver and sensitive body organs dose which can lead to person's diseases caused by radiation. The aim of this study is the risk assessment for car driver in each scan and also determination of maximum number passes through inspection device for a specified time based on individual doses per scan and the ANSI standard. By using a homespun and programmed car inspection dual-energy X-ray as well as using a Rando phantom of a man and TLD dosimeters, dosimetry was performed to assess the doses of overall and sensitive body organs at three energy situations of the X-ray tube, 155, 175 and 195 kVp. The results show that maximum dose is absorbed in the stomach and the mean total dose of car driver for 155, 175 and 195 kVp energy is 0.276, 0.315 and 0.338 μSv , respectively. With respect to the overall mean car driver dose (the 0.31 μSv) and according to the ANSI standard, machine is known in the category of devices with limited utility. Anyone can pass through this machine in maximum for a year, a month and a week 806, 66 and 15 times respectively and more scan could lead to radiation biohazards according to ANSI standard.

Keywords: *Dosimetry, TLD, Car Inspection, Material Classification, Dual Energy Imaging*