------مجلة علوم الرافدين، المجلد 27، العدد 2، ص 151-171، 2018------

تحديد قدرة التحليل الطاقي لكاشف الأثر النووي LR-115 باستخدام مجموعة برامج Matlab

فراس محمد علي الجميلي قاسم يحيى قاسم
قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة الموصل

(أستلم 15/ 1 /2014 ؛ قُبل 24 /2/ 2014)

الملخص

يهدف البحث إلى تحديد قدرة التحليل الطاقي للكاشف LR-115 على التمييز بين الطاقات المختلفة لجسيمات ألفا المستحصلة من مصدر الأميريشيوم ^{241}Am فضلاً عن تحسين كفاءته من خلال التحري واستقصاء عدد الآثار المتخلفة على مادة الكاشف والتي تم إظهارها بعد المعالجة الكيميائية للكاشف عند ظروف قشطيه (NaOH, 2.5N, 60^{O} C). استخدمت برامج حاسوبيه بِأسم (Gauss Track) و (Wbl Track) التي بإمكانها معالجة الكثير من البيانات وبالتالي حساب معاملات الأثر النووي كأعداد الآثار (N) ومعدل أقطارها (D) ومعدل مساحاتها (A). حددت قدرة التحليل الطاقي للكاشف (R) من خلال معادلة قدرة التحليل الطاقي بدلالة قطر الأثر $(\Delta E/E)_D$ ومن خلال البرنامجين المذكورين في أعلاه واللذين يحتويان على دالة توزيع كاوس ودالة توزيع ويبل على التوالي. تم ذلك عند زمن القشط الأمثل الذي يحصل عنده أقل انحراف معياري لِأطياف التوزيع. أُعِد برنامج من قبلنا سمي (Edge Track) وباستعمال المشغلات (Roberts, Prewitt, Canny, Sobel, Zero-cross, Log) للكشف عن حافات الآثار (محيطها) لدراسة تأثير تلك التقنية على خواص الكاشف من حيث قدرته التحليلية وكفاءته في الكشف عن اثار جديدة، وتبين أن المشغل (Roberts) يمتلك إمكانية عالية على استقصاء الآثار والذي أنعكس ايجاباً على كفاءة الكاشف. أظهرت تلك التقنية تأثيراً ايجابياً على قدرة التحليل الطاقي للكاشف من خلال تحسنها نوعياً (نقصانها عددياً) عند استخدام دالة توزيع كاوس. اجريت عملية تحوير على البرنامج Gauss Track ليتم بعدها الحصول على برنامج مشابه له سمي Area Gauss Track بعد إجراء الملاءمة مابين مكررات كثافة الآثار طبقاً لمساحاتها وقد تم ذلك قبل إدخال تقنية كشف الحافة وبعدها التي أظهرت تحسناً نوعياً على خاصية الكاشف التحليلية. وجد أن قدرة التحليل الطاقي أفضل عند الطاقات العليا مما هي للطاقات الواطئة ضمن المدى المستخدم.

الكلمات الدالة: توزيع كاوس ، توزيع ويبل، تقنية كشف الحافة ، قدرة التحليل الطاقي، كاشف الأثر النووي LR-115 .

Determination of the Energy Resolution for Nuclear Track Detector LR-115 Using Matab Software

Firas M. AL-Jomaily Kasim Y. Kasim
Department of physics/College of Science/University of Mosul

ABSTRACT

The aim of this research to determine the energy resolution of the nuclear detector LR-115 to distinguish between the different energies of alpha particles which were obtained from the source amiricium(^{241}Am) as well as improve its efficiency through investigation and detect the number of deposited tracks on the material detector which was shown after the chemical treatment of the detector when the etching conditions (NaOH, 2.5N, 60^{O} C).We have been using computer programs named (Gauss Track) and (Wbl Track), which can handle a lot of data and thus measure parameters of nuclear track as numbers of tracks (N) and average diameters (D) and its average area (A). Where the Energy

resolution of detector (R) was determined by the equation of energy resolution in terms of the diameter's track $(\Delta E / E)_D$ and by the two programs mentioned above and which contain Gauss distribution function and distribution function of Weibull respectively. This has been done at the optimum time of etching,where the least standard deviation of the spectrum distribution happened.We also prepared a program named (Edge Track) and by using the operators (Roberts, Prewitt, Canny, Sobel, Zero-cross, Log) to detect the edges of tracks and theor circumference to study the effect of that technique on the properties of the detector via its analysis ability and efficiency to detect another tracks. It has been shown that the operator (Roberts) has a high potential to detect the tracks which reflected positively on the efficiency of the detector. It also showed this technique has a positive effect on the ability of the energy resolution of the detector through improvement qualitatively (decreasing numerically) when we use Gaussian function. Also a modified operation has been done on the Gauss Track program to obtain a program similar to it, we called (Area Gauss Track) after making a fitting between replicates of the intensity of the tracks according to its area which has been done before and after the using the Edge detection technique which showed a qualitative improvement on the property analytical detector. It has been found that the ability of energy resolution at higher energies better than with lower ones within the range of user.

Keywords:Gaussian distribution, weibull distribution, edge detectiont, energy resolution, nuclear track detector LR-115.

المقدمة

تتصف كواشف الأثر النووي ولاسيما الكاشف LR-115 بقابليتها على تمييز الطاقات (تحليل الطاقات) فضلاً عن كفاءتها وقابليتها على كشف وتسجيل الجسيمات المشحونة كآثار نووية مستترة. ويختلف ذلك من كاشف إلى أخر بسبب اختلاف صفات المواد الداخلة في تركيب الكاشف إن قدرة التحليل هي قابلية الكاشف على التمييز بين قمتين متجاورتين ومتقاربتين في الطاقة (عبدالله وآخرون، 1990). وقد بذلت جهود كبيرة لتحسين أداء تلك الكواشف على إظهار الآثار النووية بالاعتماد على طرائق تقليدية للوصول إلى أفضل علاقة مابين الخصائص الهندسية لنمو الآثار مع خواص الجسيمات المشحونة الساقطة على تلك الكواشف وقد استخدمت تلك التطورات حتى تم الوصول إلى تقنيات المعالجة الصورية للآثار النووية.

كُتِب برنامج من قبل(Patiris *et al*., 2006) سمي TRIAC-A بلغة ماتلاب ليتمكنوا من تحسين صور الآثار النووية وحساب عدد من العوامل الأخرى المتعلقة بشكل الأثر من خلال التحليل الصوري إذ تصنف الآثار طبقاً لأقطارها لدراسة إمكانية استخدام كاشف الأثر كوصفها مطيافاً لجسيمات ألفا. مما حدى بالباحث نفسه وجماعته Patiris *et al*., (2007) من تصميم برنامج أخر سماه TRIAC-II بلغة ماتلاب لتشخيص وتمييز الآثار النووية باستخدام ادوات التحليل الصوري. اجرى الباحث (Moses *et al*., 2007) دراسة تحليلية في الآثار النووية المتخلفة على الكاشف LR-115 نتيجة تشعيعه بجسيمات ألفا المنبعثة من مصدر الأميريشيوم ^{241}Am ، واستعملوا النظام الصوري الرقمي البصري optical-digital imaging system في تحليل وعد الآثار فضلاً عن معاملات الأثر الأخرى كقطر الأثر النووي والمحور الكبير والصغير وبعض العمليات الإحصائية الأخرى بمعدل زمني لا يتجاوز 3.5 sec. تحرى كل من (Zaki and EL-Shaer, 2007) عن قدرة التحليل الطاقي لنوعين مختلفين من الكاشف CR-39 حيث تم تشعيع الكواشف بجسيمات ألفا المنبعثة من مصدر ^{241}Am ولمدى يقرب من MeV (5.2, 4.86, 4.12, 3.25, 2.5) كما تمت عملية القشط الكيميائي لعدة أزمنة قشطية بعدها اختير زمن القشط الأمثل الذي يعطي أقل انحراف معياري لأطياف جسيمات ألفا وكان بحدود (35h) وحدد عرض الذروة عند كل طيف طاقي مستخدم فضلاً عن

معدل أقطار الآثار لكل طاقة. استخدم الباحثان في هذا العمل نظاماً رقمياً يحوي على صيغة لورنتز لعمل الملاءمة بين مكررات كثافة الآثار مع أقطارها ووجدوا بأن قدرة التحليل تتحسن نوعياً (تقل عدديا) مع زيادة طاقات جسيمات ألفا الساقطة. بين (الجبوري، 2004) أن قدرة التحليل الطاقي للكاشف PM-355 عند الطاقات العالية أفضل مما للطاقات الواطئة. إن من إحدى العوامل المؤثرة في قدرة التحليل الطاقي وضوح حوافات الأثر على سطح الكاشف وقامت الباحثة (العريبي، 2008) باستخدام خوارزميات تحسين الصور لما لها من آثر كبير في تعديل الإضاءة في الصور المعتمة فضلاً عن توضيح معالم حافاتها وجودتها. إن مسألة التباين السيئ في الصور من أكثر المشاكل التي تواجه المستخدمين أو الباحثين لدى عملهم في صور علمية أو في حالة الاستخدام العام للصور وهذه الخوارزمية تنفذ في برنامج الـ (mtalb). وأستُخدمت طرائق تحديد الحافة من (Mostofizadeh *et al*., 2008) لتقدير دقة وإتقان الأثر النووي الكثيف في كواشف الأثر النووي ومن الممكن أن تنفذ القياسات بحالتين قبل تحسين صورة الأثر وبعدها. كما تراعي ظاهرة تداخل الأثر المتضمنة تداخلين أو ثلاثة تداخلات. كما أجرى الباحثون (Amero *et al*., 2001) عملية تحليليه لأطياف جسيمات ألفا باستخدام الكاشف CR-39 عند ملاءمة نظام رقمي يحوي على صيغة كاوس. وتغلب الباحث (Palacias *et al*.,2011) وجماعته على تداخل الآثار النووية المتخلفة في مادة الكاشف فضلاً عن تباين أقطارها بالرغم من سقوط جسيمات ألفا على سطح مادة الكاشف عامودياً وبطاقة أحادية و تم ذلك بتطبيق خاصية التوزيع الكاوسي عند دراسة العلاقة بين مكررات كثافة الآثار مع أقطارها.

تهدف دراستنا الحالية معالجة صورية لأسطح كاشف الأثر LR-115 من خلال برامج رقمية معدة لهذا الغرض بغية الوصول إلى قدرة التحليل الطاقي وأمكانية تحسين كفاءته في التحري على آثار نووية أخرى من خلال مؤشر إحصاء وعد الآثار بعد إدخال تقنية كشف الحافة Edge detection technique للأثر النووي والتي تسمى طريقة المجال المكانية Spatial Domian Method فضلا عن إمكانية تحسين قدرة التحليل الطاقي لكونها غنية بالمعلومات والمعطيات المفيدة التي توفرها تلك الطريقة ولاسيما حصولنا على حدود حافات الأثر النووي.

الجزء النظري

تباين الطاقة والتوزيع الكاوسي :

تتضمن القياسات المعتمدة على ملاحظة التحلل الإشعاعي تراوحاً إحصائياً بسبب اللادقة في القياسات النووية و بسبب حصول تباين في مقدار الطاقة المفقودة على طول مسار الجسيم الساقط فضلا عن ان ظاهرة النشاط الإشعاعي عملية إحصائية وعشوائية ولايمكن إزالة هذه اللادقة بل يمكن التقليل من أثارها بأساليب مختلفة ويمكن تقريب التوزيع الطاقي إلى دالة كاوس (عبدالله وآخرون،1990). والذي يعبر عنه بالمعادلة الآتية

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

إذ أن :μ هي المعدل (مكان الذروة)،

وσ^2 هي الانحراف المعياري وتعرف بأنها الجذر ألتربيعي لمتوسط مربع الانحرافات عن الوسط.

توزيع ويبل :

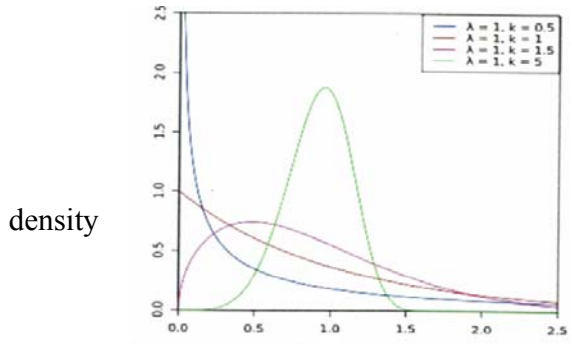
دالة التوزيع لويبل هي دالة الاحتمالية المستمرة سميت بعد أن Waloddi Weibull وصفها بالتفصيل عام 1951 بالرغم أن أول من وصفها هو Frechet عام1927 و أول من طبقها Rosin and Rammler عام 1933 وإن توزيع ويبل متعلق بعدد من توزيعات الاحتمال الأخرى وينحرف بين التوزيع ألأسي (exponential) عندما k = 1 وتوزيع رايليغ (Rayleigh) عندما k = 2. ويعبر عن صيغة ويبل كما في المعادلة في أدناه.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k}} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad \text{.....(2)}$$

حيث λ عامل القياس ، و k عامل الشكل .

واعتمد توزيع ويبل بوصفه أحد الأجزاء الاساسيه الأخرى في دراستنا الحالية فضلاً عن توزيع كاوس كما ذكرنا ذلك في الفقرة السابقة لنتمكن من مقارنة هذين التوزيعين ودراسة تأثيرهما على قدرة التحليل الطاقي للكاشف LR-115.

وإن دالة التوزيع لويبل تأخذ الشكل الأتي كما موضح بالشكل (1)



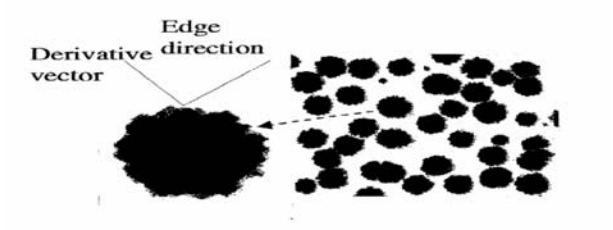
الشكل1: دالة توزيع ويبل (Muraleedharan *et al.*,2007).

إن شكل دالة ويبل يتغير بشدة مع تغير قيم k حيث أن شكل الدالة يميل إلى اللانهاية عندما تكون قيم 0<k <1 وعندما قيمة k=1 فإن الدالة تتغير بسرعة من القمة وتميل إلى الصفر. وعندما يكون k >1 فإن الدالة تقترب من الصفر (Muraleedharan *et al*., 2007).

تقنية حافة الأثر (Edge Detection Technique):

تعرف الحافة بشكل عام أنها الحدود التي تفصل مناطق متجاورة من الصور لها تباين متميز في السطوع. أوهي خيط رفيع يمرر بين النقاط غير المشتركة في الصور ة أو المجالات اللونية غير المتجانسة التي تظهر فجأة. وطرائق كشف الحافة تعتمد في أغلب الأحيان على ميزات خاصة في الصورة. إن الكشف عن الحافة يلعب دورا حيويا في رؤية الحاسوب ومعالجة الصور. وحافة الصورة واحدة من الميزات الأكثر أهمية التي تستخدم أساسا لعملية تحليل الصورة فضلاً عن عملية تمييز الأنماط (pattern recognition) وكذلك تقطيع الصورة عند تحليل المشاهد فضلاً عن استخدامات واسعة في المجال الطبي

(Sujatha and Selvathi, 2012). إن كشف الحافة من أهم التقنيات التي من خلالها تتم معرفة مكونات الصورة المهمة. وتعتمد طرائق كشف الحافة بشكل عام على استخدام مصفوفة الانحدار(الميل) التي من خلالها تكشف نقاط الصور(pixels) ذات التغير السريع في شدتها وهذه التقنية تنفذ عادة باستخدام عمليات المشتقة من الرتبة الأولى والثانية لكل نقطة من الصورة وتستخدم المشتقة من المرتبة الأولى لتحديد نقاط الصورة ذات الشدة الأعلى من حد العتبة المحدد وتستخدم المرتبة الثانية لتحديد نقاط الصورة ذات العبور الصفري لمنطقة الأثر بمعنى التقاء المنحني مع المحور x (Zero-cross points) كما مبين في الشكل (2).



الشكل 2: يوضح اتجاه متجه الحافة على نقطة افتراضية من مسار الأثر(Mostofizadeh *et al.*, 2008)

ومن مشغلات كشف الحافة المشهورة سوبل (Sobel) وبرويت (Prewitt) و روبرت (Roberts) التي تستخدم المصفوفات الخاصة بالمشتقة هذه التقنيات تعيد نقاط الصور ذات التدرجات اللونية إلى الصور الأصلية. أما تقنيات لابلاس من كاوس(Log) و العبور الصفري (Zero-crossing) تقوم بمعايرة صفرية للصورة بعد تصفية الصورة الأصلية. وفي عام 1986 قدم كلاني (Canny) طريقة مثالية لكشف الحافة سميت بأسمه. هذه الطريقة تقوم بفحص مواقع التدرج العظمى للصورة باستخدام طريقة المشغل كاوس لحساب التدرج اللوني للصور (Mostofizadeh *et al.*, 2008).

الجزء العملي والحسابات

تم تقطيع الكاشف إلى قطع متساوية بأبعاد (1×1 cm^2). ثم شععت قطع الكاشف بجسيمات ألفا بطاقات مختلفة تقترب من (4.2 MeV, 3.8, 3.4, 3, 2.6, 2.2, 1.8, 1.4, 1) من نظير الأميريشيوم ^{241}Am ولزمن تشعيع 5min وذلك باعتماد التوهين الطاقي لجسيمات ألفا في الهواء وباستخدام المعادلة الآتية (Cember,1996)

$$E_\alpha = E_0\left[1-\frac{X}{R_\alpha}\right]^{\frac{3}{2}} \quad \text{.....(3)}$$

إذ أن : E_O تمثل معدل الطاقة القصوى لجسيمات ألفا. E_α طاقة جسيمة ألفا على بعد X من المصدر.

X بعد الكاشف عن المصدر. R_α تمثل مدى جسيمات ألفا في الهواء بوحدات cm.

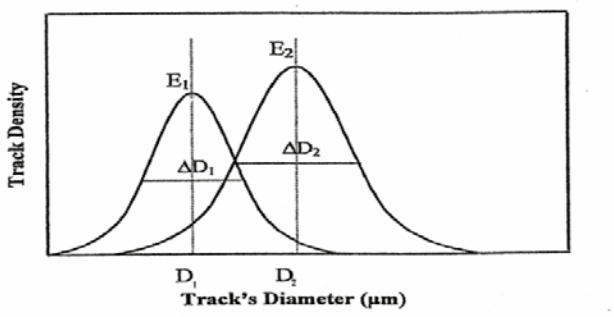
وتجدر الإشارة إلى أن عملية التشعيع أجريت على منطقة صغيرة من سطح الكاشف لاتتجاوز 1.5mm وبزاوية مجسمة قليلة جداً لضمان سقوط الجسيمات بشكل عمودي على الكاشف.

ولإظهار الآثار المتكونة في الكاشف اعتمد القشط الكيميائي باستخدام المحلول NaOH بتركيز 2.5N ودرجة حرارة 60^0C. ولأزمنة قشطية مختلفة وبتتابع زمني كل ربع ساعة لحين حصول الاندماج الكلي للآثار في الكاشف (60min – 150min) وبعد كل مرحلة قشطية نقوم بأخذ صورة رقمية للكاشف عن طريق كاميرة رقمية من نوع 35UMD-PC. إنتاج شركة Digital Eye Pieces وبقوة فصل 480×640 pixels ومثبتة على مجهر ضوئي من نوع Nikon موديل 205870 تم خزن الصور بشكل JPG بشفرة معينة تميز الكاشف المستخدم وتحول إلى خانة الـ work في برنامج ماتلاب. وبعدها يتم تشغيل البرامج المصممة والمكتوبة في الملف M-file لتعطي لنا جميع المعاملات والمعطيات المطلوبة لهذا الغرض عن طريق

البرنامج Gauss Track (الجميلي، 2009) وبرنامج Wbl Track على التوالي. تم الحصول على أطياف التوزيع لتباينات أقطار الأثر ومكررات كثافتها العددية لكل طاقة مدروسة عند زمن القشط الأمثل (120min) الذي يظهر أقل انحراف معياري للتوزيعين المذكورين أعلاه. ليتم بعدها حساب قدرة التحليل الطاقي لكل توزيع عند زمن القشط الأمثل باستخدام المعادلة التي تربط طاقة الجسيمات الساقطة مع أقطارها (Zaki and EL-Share, 2007) التي برمجت بلغة ماتلاب.

$$\frac{dE}{E} = \frac{(E_2 - E_1)/(D_2 - D_1)}{0.5(E_2+E_1)} \Delta D \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

إذ أن: D_1 و D_2 يمثلان معدل أقطار الآثار المقابلة للطاقتين E_1 و E_2 و ΔD يمثل معدل عرض الطيف للطاقتين المتجاورتين وكما موضح بالشكل (3).



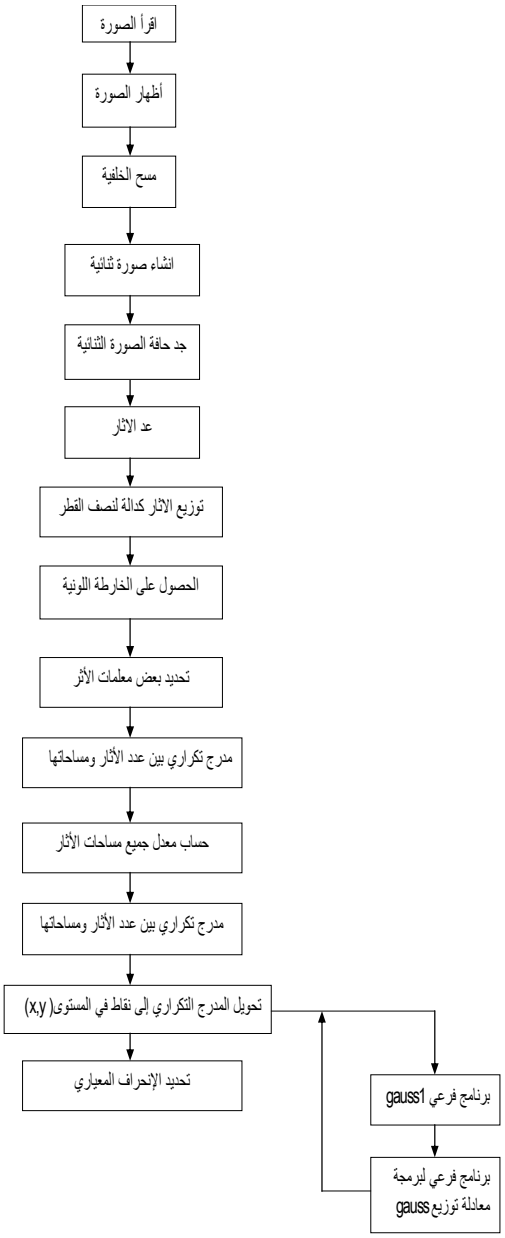
الشكل 3: طيف التوزيع لمعدل أقطار الآثار ومكرراتها

كما تم حساب عدد الآثار في كلا التوزيعين لإمكانية استخدامهما كمؤشر على كفاءة الكاشف في التحري على الآثار وعدها.

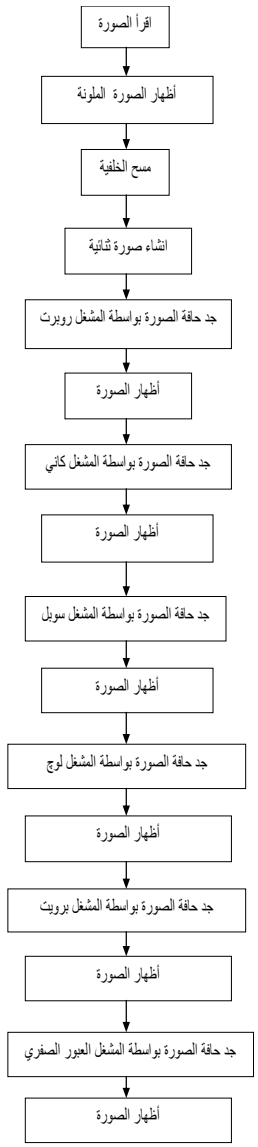
تقنية كشف الحافة (Edge detection Technique):

استخدمت تقنية كشف حافة الأثر النووي ولجميع أنواع المشغلات (روبرت Roberts ،سوبل Sobel ، برويت Prewitt، لوچ Log، كاني Canny، العبور الصفري Zero-cross) لأجل تبيان مدى تأثير تلك التقنية في قدرة التحليل الطاقي فضلاً عن إمكانية إظهار آثار نووية إضافية لم تؤخذ بنظر الاعتبار في عملية العد قبل اخذ الحافة كما يمكن استعمال تلك التقنية للتغلب على ظاهرة التداخل (overlapping phenomen) التي تحدث في الآثار النووية. طُبقت المشغلات المذكورة في أعلاه التي تُعرف بالمشغلات القابلة للاشتقاق derivative operators والتي تطبق على الصورة الأصلية لسطح الكاشف إذ يتم تحويل الصورة الأصلية إلى صورة ثنائية binary image والمتشكلة بنفس حجم الصورة الأصلية. إن النقاط العشوائية (pixels) المكتشفة كحافات للأثر النووي تعود إلى أعلى الشدة (1) وباقي النقاط الضوئية تعود إلى أقل شده (0) كما سنرى جميع أصناف الصور تكون ثنائية 8unit,16unit وبناءاً عليه فإن كل طاقة يتم التحري عنها في برمجيات الماتلاب هي بالحقيقة دالة داخلية internal function والتي بإمكانها أن تحول المستويات الرمادية للصور image gray levels إلى (0,1) (0,255) (0,65535) ولكل من أصناف 8unit,16unit على التوالي، ولذا فإن الشدات الصفرية يمكن عدها مظلمة (Dark dots) (0)، والشدات العالية الواقعة في محيط الأثر يمكن عدها بيضاء براقة والتي تأخذ (1,250,65535). أما في عملنا الحالي فسوف نلحظ بأن حافات الآثار ملونة لكوننا قمنا بتحويل الصور الثنائية إلى الخارطة اللونية المزيفة لتسهيل عملية إحصاء عدد الآثار وتحليلها ومن ثم تحويلها إلى مدرجات تكرارية تصف مكررات عدد الآثار طبقاً لأقطارها. والشكل (4) يعبر عن المخطط الانسيابي للبرنامج المعد من قبلنا وسمي (Edge Track) الذي يمكن من خلاله الحصول على حافات الآثار النووية ولكل طاقة مستخدمة.

بعدها تم إدخال تلك التقنية وبمشغلاتها المستخدمة على البرنامجين Gauss Track، Wbl Track بطريقة تحوير مناسبة ذلك لحساب عدد من خواص الكاشف كقدرة التحليل الطاقي وعدد الآثار المتخلفة على مادة الكاشف بعد إدخال تلك التقنية لتبيان تأثير هذه التقنية على تلك الخواص. احتسبت قدرة التحليل الطاقي للكاشف LR-115 بدلالة مساحة الآثار $(\Delta E/E)_A$ وذلك بتناسب تلك الأقطار مع مساحاتها (pixels) وقد تم ذلك بعد الحصول على معدل مساحات الآثار (A) لكل طاقة ومعدل عرضها (ΔA) بطريقة مشابهه لإستخدام أقطار الآثار وعرض أطيافها و تم ذلك بعد إجراء عملية تحوير على البرنامج Gauss Track لنحصل في الأخير على برنامج أخر ومحوّر سمي Area Gauss Track المثبت كمخطط انسيابي يوضحه الشكل (5).



الشكل 5: المخطط الانسيابي لبرنامج Area Gauss Track



الشكل 4: المخطط الانسيابي لبرنامج Edge Track

يتم بعدها دراسة تأثير تلك الملاءمة على قدرة التحليل الطاقي للكاشف. حيث من الممكن تحوير العلاقة (ΔE/E) بدلالة القطر إلى علاقة بدلالة المساحة. لنحصل على

$$\left(\frac{\Delta E}{E}\right)_A = \frac{E_1 - E_2}{0.5(E_1 + E_1)} \times \frac{\Delta A}{(A_1 - A_2)} \quad \text{.....(5)}$$

إذ أن : A_1 و A_2 معدل عرض مساحة الآثار المقابلة للطاقتين E_1 و E_2 و ΔA معدل عرض الطيف للطاقتين المتجاورتين .

النتائج والمناقشة

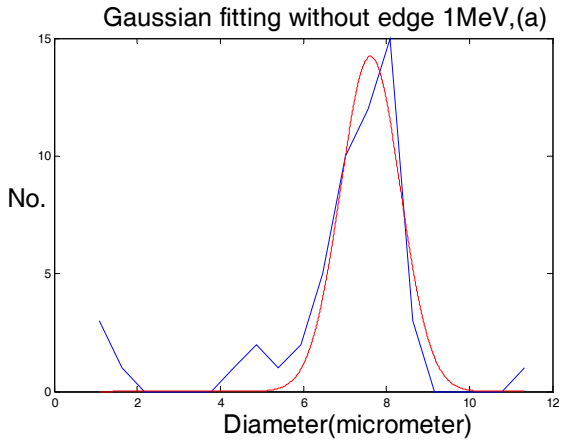
لأجل دراسة قابلية الكاشف LR-115 على التمييز بين الطاقات المختلفة لجسيمات ألفا وقدرة تحليله لهذه الطاقات فقد استخدم عنصر الأميريشيوم ^{241}Am للحصول على جسيمات ألفا وبطاقات متعددة وذلك لعدم توفر مصادر قياسية لانبعاث جسيمات ألفا بطاقات مختلفة.

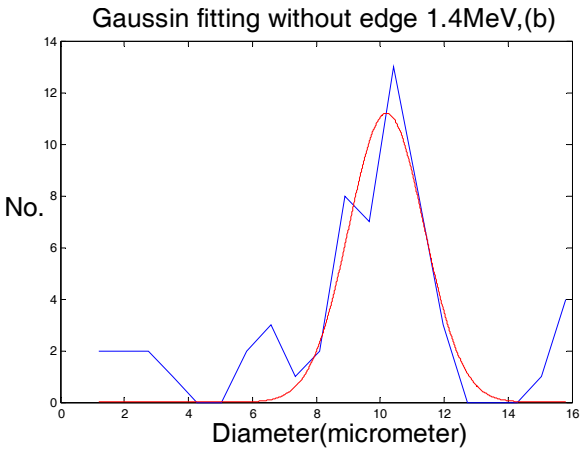
تم إجراء المعالجات الصورية للكاشف LR-115 من خلال برنامج Gauss Track عند أفضل زمن قشطي (120 min) الذي يظهر أفضل قدرة تحليل طاقي للكاشف وأقل إنحراف معياري الذي بدوره يعطينا معاملات الأثر وخواص الكاشف LR-115 كما مبين في الجدول (1). اجريت الملاءمة بين مكررات اعداد الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات جميعها بعد إجراء عملية الملاءمة باستخدام توزيع كاوس كما مبين في الشكل (6).

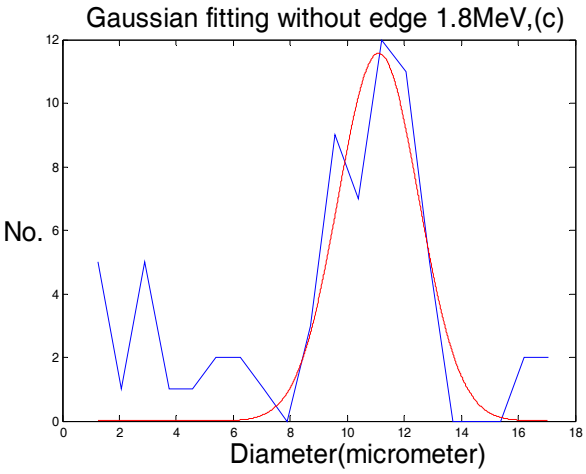
الجدول 1: أعداد الآثار(No.) وأقطارها (D) وعرض الطيف (FWHM) والإنحراف المعياري (S.d.) وقدرة التحليل الطاقي(R) للكاشف LR-115 وللطاقات جميعها عند زمن القشط الأمثل

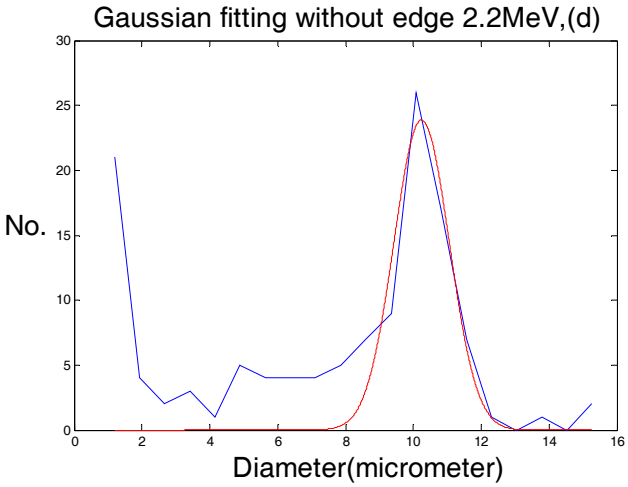
Energy(MeV)	D(μm)	FWHM(μm)	S.d.	R	No.of track
1	7.6176	1.6957	0.7203		56
1.4	10.1991	2.7748	1.1788	0.1443	59
1.8	11.097	3.3313	1.4152	0.4250	69
2.2	10.2423	1.9129	0.8126	0.3068	123
2.6	9.3744	2.3090	0.9809	0.2027	84
3	8.0962	3.2777	1.3924	0.1561	116
3.4	6.8443	1.788	0.7595	0.1263	141
3.8	5.3818	1.8235	0.7747	0.0686	186
4.2	3.4189	2.6872	1.1415	0.0574	237

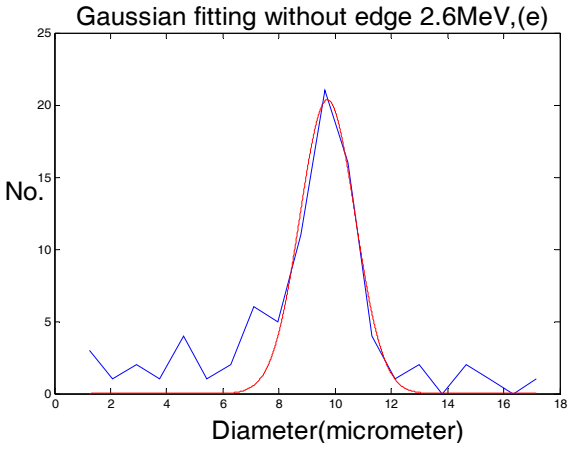
يبين الشكل (6) العلاقة بين مكررات كثافة اعداد الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات المستخدمة جميعها بعد إجراء عملية الملاءمة باستخدام توزيع كاوس.

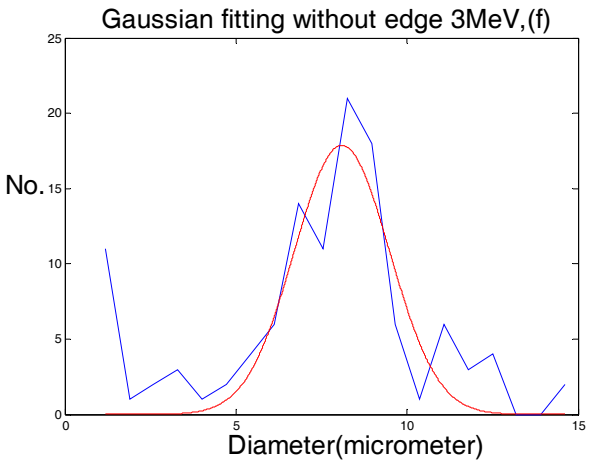

Gaussian fitting without edge 1MeV,(a)
No.
Diameter(micrometer)

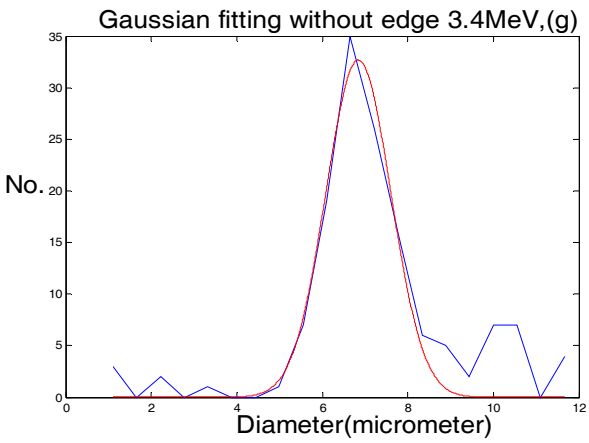

Gaussin fitting without edge 1.4MeV,(b)
No.
Diameter(micrometer)

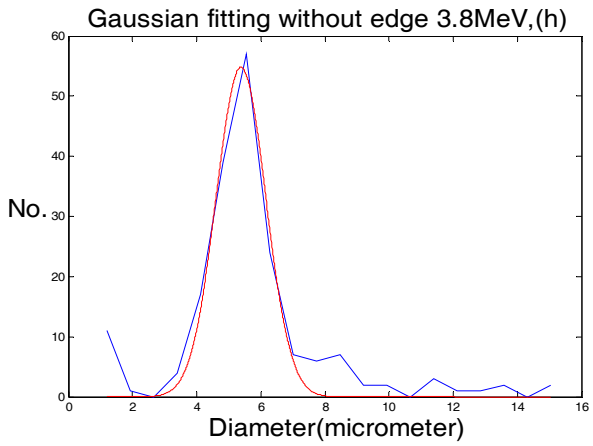

Gaussian fitting without edge 1.8MeV,(c)
No.
Diameter(micrometer)

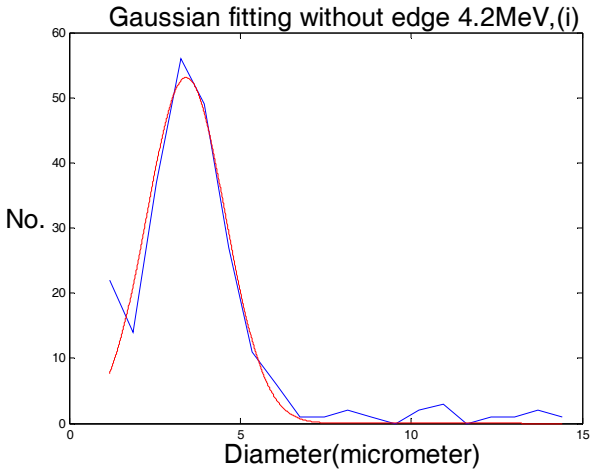

Gaussian fitting without edge 2.2MeV,(d)
No.
Diameter(micrometer)


Gaussian fitting without edge 2.6MeV,(e)
No.
Diameter(micrometer)


Gaussian fitting without edge 3MeV,(f)
No.
Diameter(micrometer)







الشكل 6: a,b,c,d,e,f,g,h,i العلاقة بين مكررات كثافة اعداد الآثار طبقاً لأقطارها للكاشف LR-115 عند زمن قشط (120min) قبل ادخال تقنية كشف الحافة للأثر النووي وبعد اجراء الملاءمة بتوزيع كاوس التي تضمنها برنامج (Gauss Track).

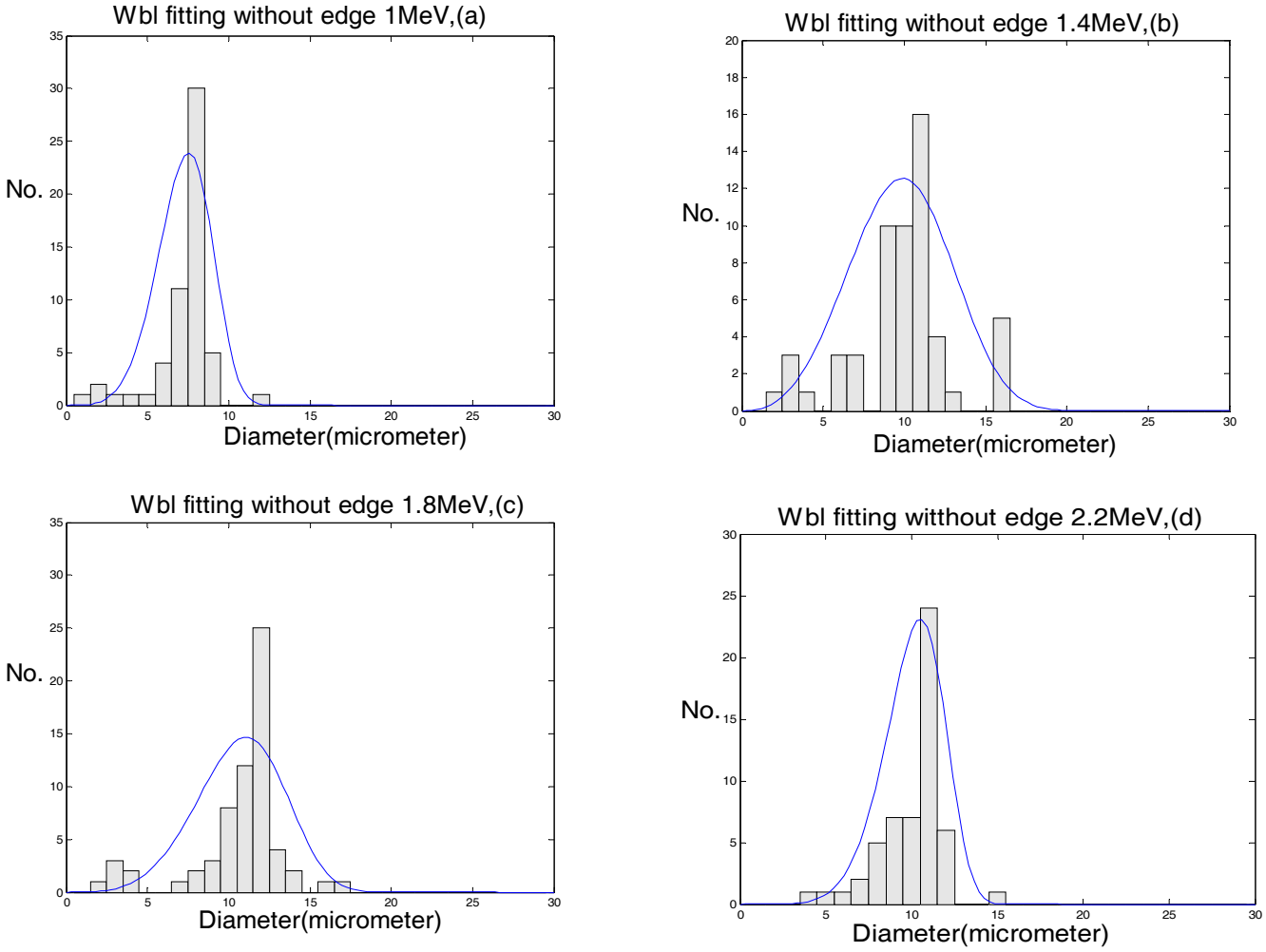
المعالجة الصورية لسطح الكاشف باستخدام برنامج " Wbl Track ":

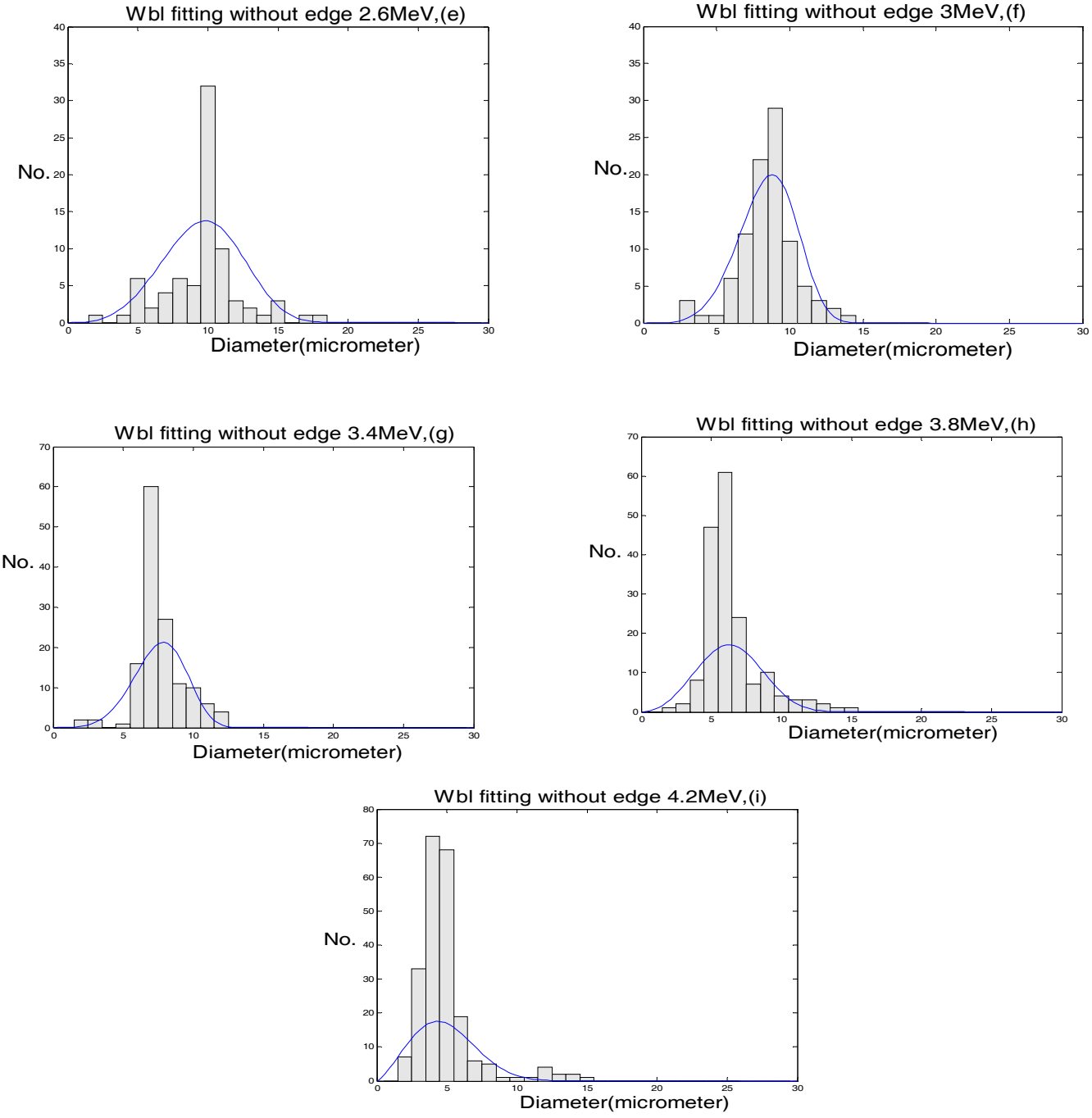
اجريت المعالجات الصورية للكاشف LR-115 من خلال برنامج Wbl Track عند أفضل زمن قشطي (120 min) الذي يظهر أفضل قدرة تحليل طاقي للكاشف وأقل إنحراف معياري الذي بدوره يعطينا معاملات وخواص الكاشف LR-115 وكما مبين في الجدول (2). اجريت الملاءمة بين مكررات اعداد الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات المستخدمة جميعها بعد إجراءها باستخدام توزيع ويبل كما مبين في الشكل (7).

الجدول 2: أعداد الآثار وأقطارها وعرض الطيف والإنحراف المعياري وقدرة التحليل الطاقي (R) للكاشف LR-115 وللطاقات جميعها عند زمن القشط الأمثل (120min) بعد إجراء الملاءمة بتوزيع ويبل قبل إدخال تقنية كشف الحافة التي تضمنها برنامج (Wbl Track).

Energy(MeV)	D(μm)	FWHM(μm)	S.d	R	No.of track
1	7.578	3.6364	1.5448		57
1.4	10	7.2727	3.0895	0.3753	57
1.8	11.2121	6.06	2.5746	0.6873	62
2.2	10.6	3.6364	1.545	0.7920	86
2.6	9.697	6.6667	2.8321	0.4717	78
3	8.78	4.545	1.9303	0.4873	100
3.4	7.87	3.93	1.673	0.3324	139
3.8	6.36	5.45	2.317	0.1726	174
4.2	4.2424	5.4545	2.317	0.1287	222

يبين الشكل (7) العلاقة بين مكررات كثافة اعداد الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات المستخدمة جميعها بعد إجراء عملية الملاءمة باستخدام توزيع ويبل.



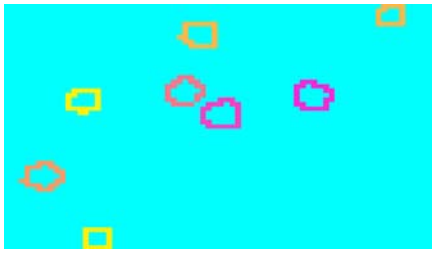


الشكل 7,a,b,c,d,e,f,g,h,i: العلاقة بين مكررات كثافة اعداد الآثار طبقاً لأقطارها للكاشف LR-115 عند زمن قشط (120 min) قبل إدخال تقنية كشف الحافة و بعد إجراء الملاءمة بتوزيع ويبل التي تضمنها برنامج (Wbl Track).

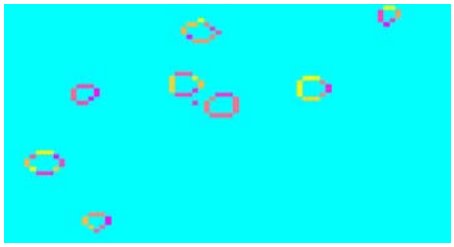
تقنية كشف الحافة Edge detection technique :

من أجل تّبيان تأثير تقنية كشف الحافة للأثر النووي على كفاءة الكاشف فقد إستخدمنا البرنامج المعد من قبلنا (Edge Track) الذي يوضحه المخطط الانسيابي في الشكل (4) واستعمال جميع المشغلات (Log, Zero-cross, Canny, Sobel, Prewitt, Roberts) عند كل طاقة تضمنتها الدراسة، ولأجل اجراء توضيح مفصل على الأفضلية التي يتمتع بها المشغل (Roberts) من ناحية اظهاره لحافات (محيط) الآثار النووية بلون محدد عند كل مجموعة من الآثار التي تتساوى مساحاتها فقد ارتأينا اجراء عملية تكبير (Zoom in) على منطقة محددة لصورة الكاشف (للخارطة اللونية المزيفة) للطاقة 4.2MeV ولزمن القشط 120 min(على سبيل المثال) وللمشغلات جميعها وكما مبين بالشكل (8).

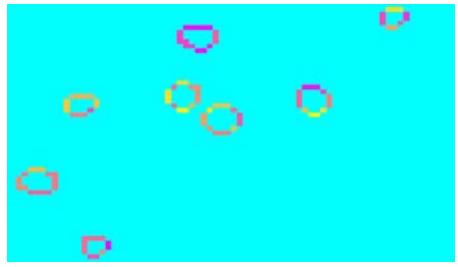
Roberts edge



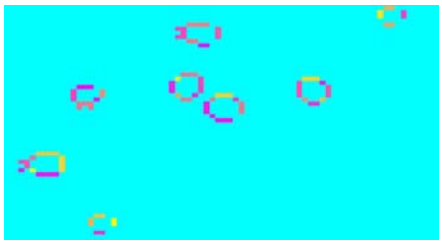
Canny edge



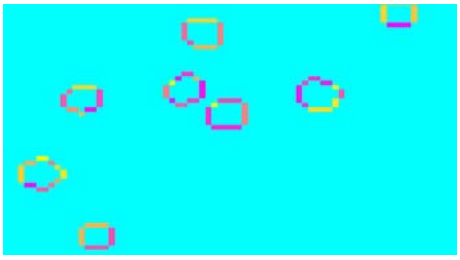
Sobel edge



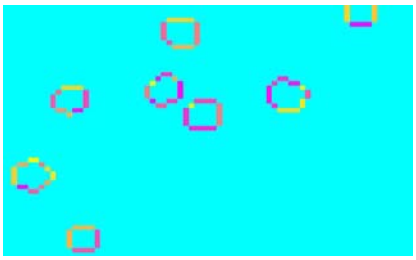
Prewitt edge



Log edge



Zero cross edge



الشكل 8: حافة الأثر النووي عند الطاقة 4.2 MeV وزمن قشط 120min وللمشغلات جميعها لمنطقة محددة سطح الكاشف بإجراء عملية (Zoom in)

ادخلت تقنية كشف الحافة على البرنامجين (Gauss Track) و (Wbl Track) وتم للحصول على معاملات الأثر النووي وخواص الكاشف وذلك ما يوضحه الجدول (3) و الجدول (4). واجريت عملية الملاءمة على كلا البرنامجين بعد إدخال هذه التقنية كما موضح في الشكلين (9 و 10).

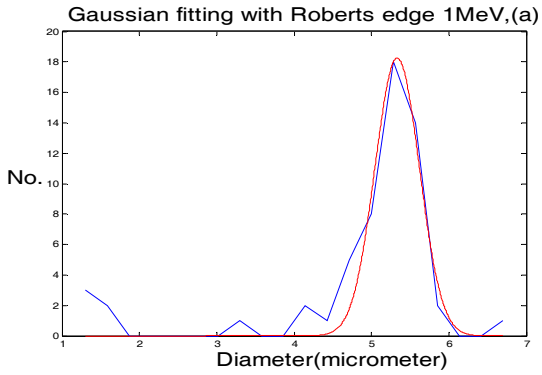
الجدول 3 : أعداد الآثار وأقطارها وعرض الطيف والإنحراف المعياري وقدرة التحليل الطافي للكاشف LR- 115 وللطاقات جميعها عند زمن القشط الأمثل(120min) بعد إدخال المشغل Roberts في تقنية كشف الحافة وباستخدام برنامج Gauss Track

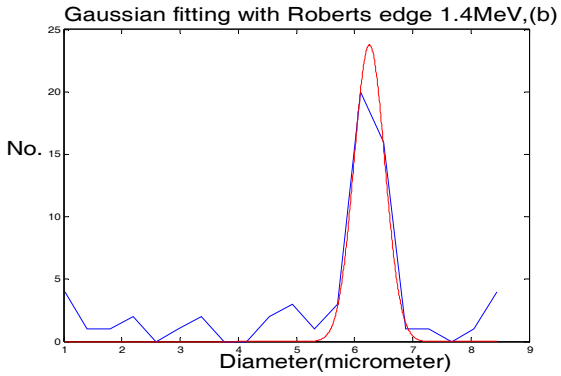
Energy (MeV)	D (μm)	FWHM(μm)	S.d.	R	No. of track
1	5.3323	0.6757	0.287		57
1.4	6.2544	0.6226	0.2645	0.1173	63
1.8	6.7597	0.4976	0.2114	0.1386	96
2.2	6.5717	0.7387	0.3138	0.3288	104
2.6	6.1082	0.6489	0.2756	0.1245	103
3	5.541	0.9303	0.3952	0.0994	134
3.4	5.0393	0.6812	0.2894	0.1004	144
3.8	4.4492	0.7736	0.3286	0.0685	188
4.2	3.7094	1.0453	0.444	0.0615	276

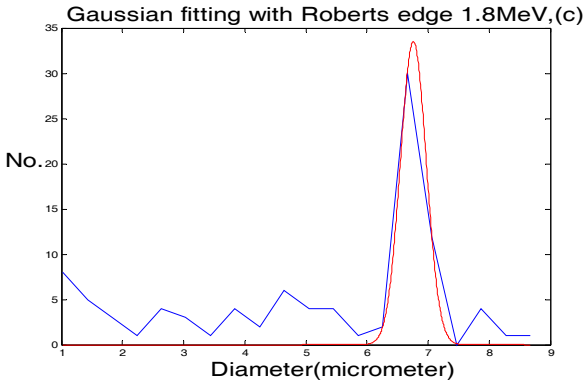
الجدول 4 : أعداد الآثار وأقطارها وعرض الطيف والإنحراف المعياري وقدرة التحليل الطافي للكاشف LR- 115 وللطاقات جميعها عند زمن القشط الأمثل(120min) بعد إدخال المشغل Roberts في تقنية كشف الحافة باستخدام Wbl Track وبملاءمة توزيع ويبل

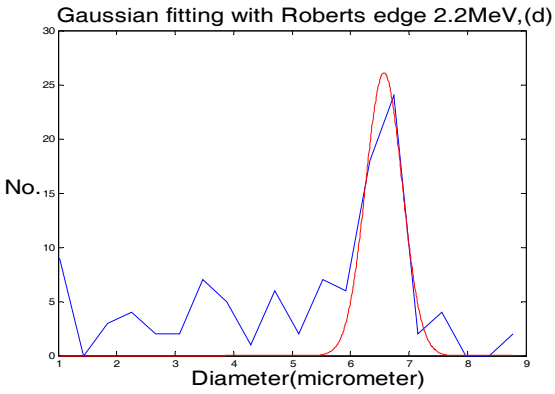
Energy(MeV)	D (μm)	FWHM(μm)	S.d.	R	No. of track
1	5.1515	2.4242	1.0298		61
1.4	6.0606	3.0303	1.2873	0.4996	58
1.8	6.6667	3.0303	1.2873	0.625	69
2.2	6.3636	1.2121	0.5149	0.6998	55
2.6	6.0606	3.3333	1.416	0.6251	83
3	5.7576	2.12	0.9011	0.6267	98
3.4	5.4545	1.5152	0.6436	0.3688	141
3.8	4.8485	2.1212	0.9011	0.1667	177
4.2	3.9394	2.4242	1.0298	0.1318	231

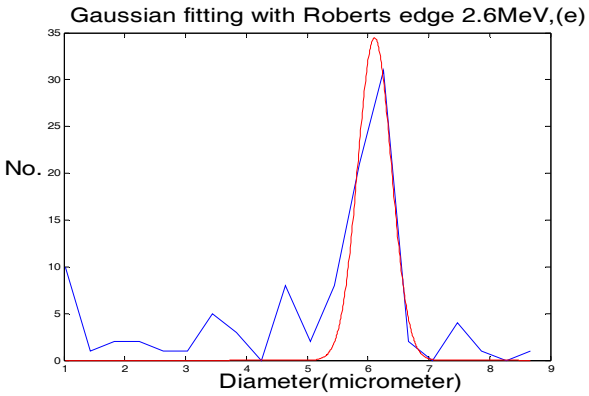
يبين الشكل (9) العلاقة بين مكررات كثافة اعداد الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات المستخدمة جميعها بعد إجراء عملية الملاءمة باستخدام توزيع كاوس بعد إدخال تقنية كشف الحافة

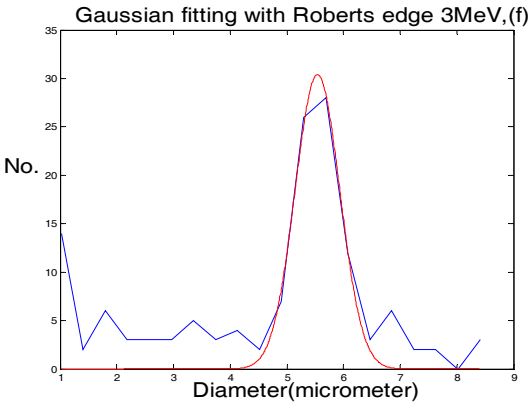

Gaussian fitting with Roberts edge 1MeV,(a)
No.
Diameter(micrometer)

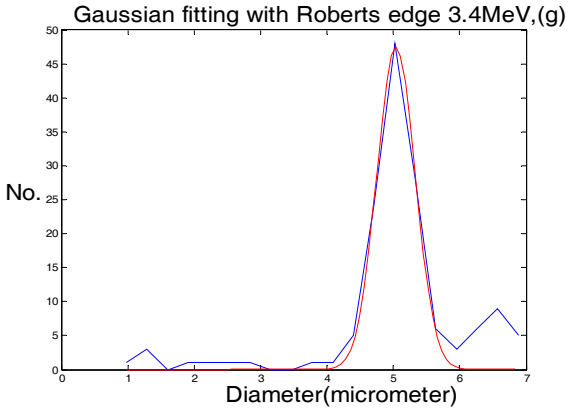

Gaussian fitting with Roberts edge 1.4MeV,(b)
No.
Diameter(micrometer)

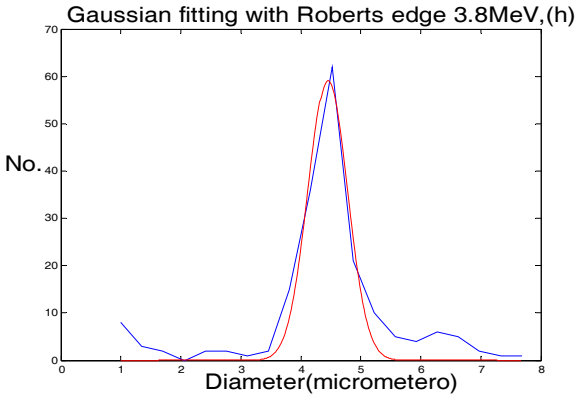

Gaussian fitting with Roberts edge 1.8MeV,(c)
No.
Diameter(micrometer)

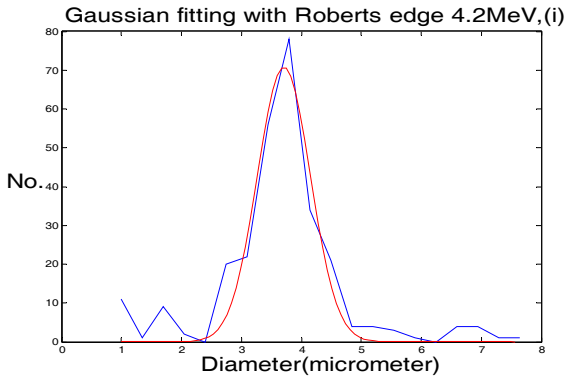

Gaussian fitting with Roberts edge 2.2MeV,(d)
No.
Diameter(micrometer)


Gaussian fitting with Roberts edge 2.6MeV,(e)
No.
Diameter(micrometer)


Gaussian fitting with Roberts edge 3MeV,(f)
No.
Diameter(micrometer)

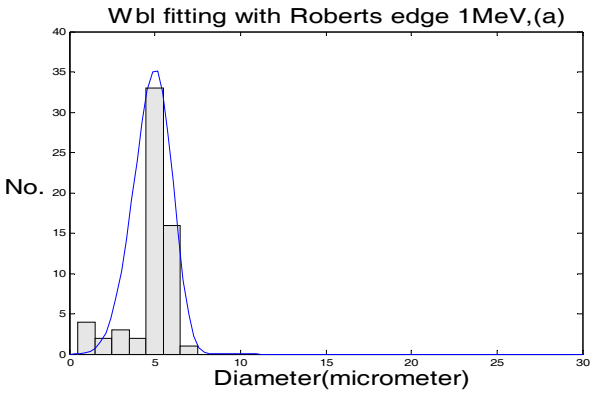


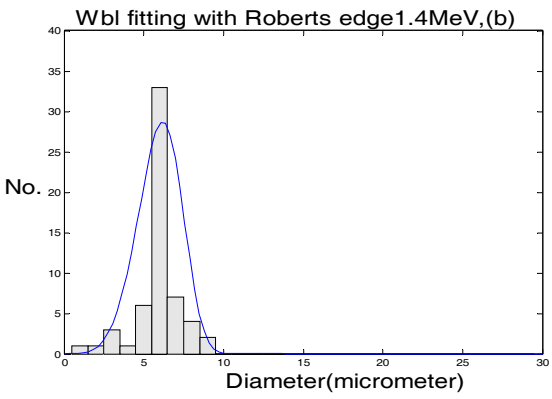


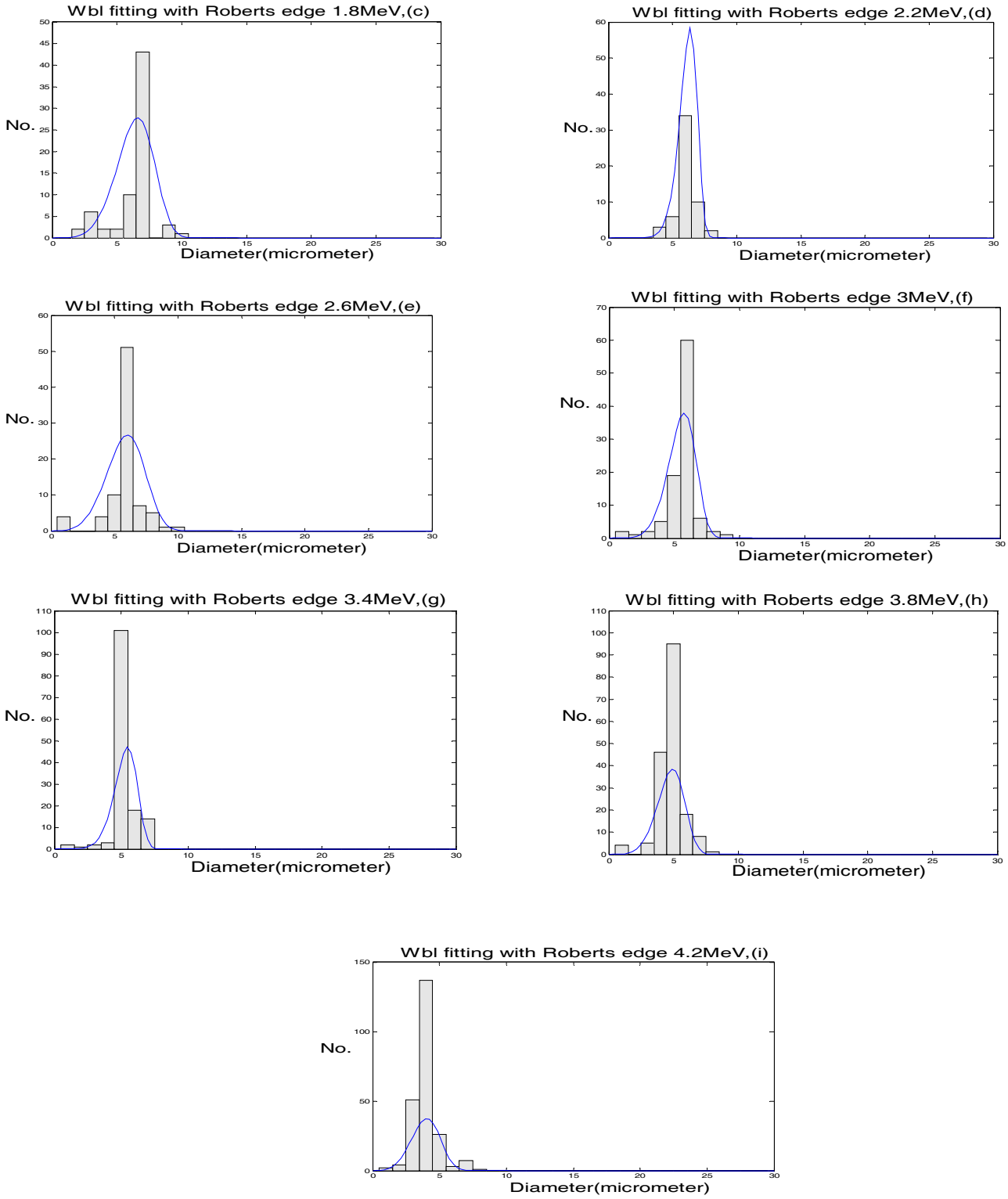


الشكل 9,a,b,c,d,e,f,g,h,i: العلاقة بين مكررات كثافة الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات المستخدمة جميعها بعد إدخال المشغل Roberts في تقنية كشف الحافة التي تضمنها برنامج Gauss Track.

يبين الشكل (10) العلاقة بين مكررات كثافة اعداد الآثار طبقاً لأقطارها وللطاقات المستخدمة جميعها بعد إجراء عملية الملاءمة باستخدام توزيع ويبل بعد استخدام تقنية كشف الحافة







الشكل 10,a,b,c,d,e,f,g,h,i: العلاقة بين مكررات كثافة الآثار طبقاً لأقطارها ولطاقات المستخدمة جميعها بعد إدخال المشغل Roberts في تقنية كشف الحافة التي تضمنها برنامج Wbl Track.

حيث نلحظ من الأشكال(6,7,9,10) المثبتين في أعلاه أن هناك زحزحة لأطياف التوزيع على طول المحور X بإتجاه تناقص الأقطار كدالة لطاقات الجسيمات الساقطة على الكواشف.

اظهرت نتائج الجداول (1,2,3,4) أن لتقنية كشف الحافة من خلال المشغل Roberts القابلية على تحسين كفاءة الكاشف من خلال استقصاءه لاثارٍ اضافية ذلك بالتغلب على ظاهرة التداخل التي تظهر في الآثار. وعند مقارنة نتائج الجدولان(1,3) لقيم قدرة التحليل الطاقي قبل إدخال تقنية كشف الحافة وبعدها في برنامج Gauss Track أن تلك الخاصية طرأ عليها بعض التحسن النوعي من خلال نقصان قيمتها العددية ولمعظم الطاقات بنسبة تقترب من(19,67,38,36,20%) لقيم لطاقات(1.4,1.8,2.6,3,3.4MeV)على التوالي، أماعند الطاقات (2.2,3.8,4.2MeV) فقد أعطت نسب متقاربة لقيم قدرة التحليل قبل إدخال تقنية كشف الحافة وبعدها. تُعد هذه النسبة من الزيادة نسبة لايستهان بها لكون قدرة التحليل الطاقية من الخواص الرئيسة والمهمه وهذا يعني بإمكان الكاشف ان يتحرىٰ عن عناصر مشعة أخرىٰ بنسبة مقاربه لنسبة الزيادة في قدرته التي طرأت بعد تطبيق الملاءمة باستخدام توزيع كاوس. وبالرجوع إلى الجدولين (2,4) و بملاحظة قيم قدرة التحليل الطاقي للكاشف قبل ادخال تقنية كشف الحافة وبعدها باستخدام برنامج Wbl Track نجد أن تلك الخاصية لم يطرأ عليها تغيير ملحوظ من حيث تحسينها أو تطويرها نوعياً إلا في بعض الطاقات مما يدل على أن إدخال تقنية كشف الحافة خلال ملاءمة توزيع ويبل لم تؤدي دوراً في تطوير أوتحسين هذه الخاصيه المهمه من خواص الكواشف، أما من حيث السلوك فقد حافظت تلك الخاصيه على سلوكها فيما يخص اعتماديتها على قطر الآثر وطاقة جسيمات ألفا الساقطة وتحسنت نوعياً(قلت عددياً) بإزدياد طاقة جسيمات. وبالعودة إلى الجداول (1,2,3,4) نجد أن نسبة التحسين في عدد الآثار المسجلة والتي تم استقصائها بعد إدخال تقنية كشف الحافة أظهرت زيادة ملحوظة اقتربت من (2,6,39,22,16,2,11,16%) للطاقات(1,1.4,1.8,2.6,3,3.4,3.8,4.2MeV)على التوالي، أما عندالطاقة 2.2MeV فقلت عدد الآثار بنسبة 15% في برنامج Gauss Track بينما اقتربت الزيادة من (7,2,11,7,2,2,4%) للطاقات (1.4,1.8,2.6,3.4,3.8,4.2MeV) على التوالي بينما قلت بنسبة (36,2%) للطاقات (2.2,3MeV) على التوالي في برنامج Wbl Track، ذلك سينعكس بالتأكيد على تحسين قدرة الكاشف بالتحري عن اثارٍ لم يسجلها مسبقاً.تبين من الشكل(8) أن جميع المشغلات (Log, Zero-cross, Canny, Sobel, Prewitt, Roberts) المستعملة، والتي تضمنتها تلك التقنية لاتعطي أعداداً حقيقية وصحيحه للآثار النووية ماعدا المشغل (Roberts) إذ يتضح أن لهذا المشغل القابلية في تمييز آثاراً جديدة كانت متداخلة ومتراكبة بعضها مع البعض الأخر وبهذا يكون له القابلية بالتغلب على ظاهرة التداخل overlapping phenomen التي تحدث عند تقارب الآثار النووية عند مراحل قشطية متقدمة أوعند التراكيز العالية للمواد المشعة سواءاً أكانت صناعية أو طبيعية فضلاً عن تشعيع الكاشف بطاقات عاليه. اخفقت بقية المشغلات في التغلب على تلك الظاهرة ويعود السبب في ذلك إلى أن الحافات الناتجة عند استخدامها أُنتجت بِألوان متفاوتة ومختلفة ومتقطعة في محيطها الواحد عند أخذ الخارطة اللونية المزيفة عكس المشغل Roberts الذي قام بفصل الآثار وإحصائها طبقاً لمساحاتها وأعطى لون محدد لكل مجموعة وبمحيط ذو لون محدد كما يتضح من خلال الجدوال المذكورة في أعلاه بأن سلوك قدرة التحليل الطاقي يعتمد بشكل أساسي على معدلات أقطار وطاقة جسيمات ألفا الساقطة حيث إزدادت بشكل عام مع زيادة الطاقة وزيادة القطر في البداية مِن 1.4MeV إلى 2.2MeV وبعدها قلت بزيادة الطاقة ما بعد 2.2MeV بشكل عام ونقصان معدل الآقطار بمعنى أنها تحسنت نوعياً (قلت عددياً) وقد جاءت نتائجنا مطابقة مع ما توصل إليه (Zaki and EL-Shaer, 2007) و(Amero *et al*., 2001) و(الجبوري، 2004) ومن الجدير بالذكر أن البحوث في اعلاه تناولت قدرة التحليل الطاقي للكواشف إبتداء من الطاقة 2MeV وأعلى منها ولذا ظهر لهم سلوك تلك الخاصية بأنه خطي ويتجه عكسياً مع زيادة الطاقة، وبهذا ابتعدوا عن دراسة تلك الخاصيه عند الطاقة الأقل من 2MeV والتي يظهر عندها أعظم اِمتصاص

للطاقة وأكبر قطر للآثر أي مناطق الذروة لأقطار الآثار طبقاً لطاقاتها ولإعتماد قدرة التحليل الطاقي أعتماداً أساسياً على تلك القيم قمنا بدراستها في ذلك الطيف المتدني للطاقات لإظهار سلوكها. ولأجل مقارنة قدرة التحليل الطاقي لعدد من كواشف الأثر النووي فقد اجرينا تلك المقارنة من خلال اعمال سابقة قام بها عدد من الباحثين اللذين تناولوا المعادلة نفسها المستخدمة في حسابانتا و لمدى من الطاقة يقترب من (4.35-4.12) وبمعدل (4.2MeV) هذا مايوضحه الجدول (5).

الجدول 5: قدرة التحليل الطاقي لعدد من كواشف الأثر النووي لمعدل الطاقة (4.2MeV) ولعدد من الدراسات.

نوع الملاءمة	قدرة التحليل الطاقي بدلالة القطر	نوع الكاشف	المصدر
توزيع كاوس	O.18	CR-39	Amero *et al.*, 2001
توزيع لورنتز	0.2802	CR-39	Zaki and EL-Shaer, 2007
توزيع كاوس	0.23	PM-355	الجبوري،2004
توزيع كاوس	0.054	LR-115	Present Work
توزيع ويبل	0.047	LR-115	Present Work

حساب قدرة التحليل الطاقي بدلالة المساحة $(\frac{\Delta E}{E})_A$

إعتماداً على التحويرات التي أجريناها على البرنامج Gauss Track بعد إجراء عملية الملاءمة على أطياف التوزيع بين مكررات عدد الآثار طبقاً لمساحاتها وحصولنا على بعض المعطيات التي تُمكننا من حساب قدرة التحليل الطاقي بدلالة مساحة الآثر. وبناء على هذه المعطيات حصلنا على برنامج محور سمي Area Gauss Track. وإستخدام هذا البرنامج بحالتين. الحالة الأولى تم إستخدامه بدون تقنية كشف الحافة، أما الحالة الثانية فقد تم استخدام البرنامج بعد إدخال تقنية كشف الحافة وكما موضح بالجدول (6). وقد تحسنت نوعيا(قلت عدديا) عند الطاقات العالية على عكس الطاقات الواطئة ضمن المدى المستخدم بالموازنة مع الملاءمة طبقا للقطر.

الجدول 6: عدد الآثار ومساحاتهم والقدرة التحليلية للكاشف بدلالة المساحة وعرض الذروة قبل إدخال تقنية كشف الحافة وبعدها.

Energy(MeV)	Without edge for Area Gauss Track			With edge Roberts for Area GaussTrack		
	Aav. (Pixel)	FWHM	R	Aav.(pixel)	FWHM	R
1	86.6914	29.0074		41.1069	8.8654	
1.4	152.5	93.6395	0.1553	58.2404	11.4262	0.0987
1.8	177.5	121.6504	0.5382	64.2410	17.8749	0.3052
2.2	153.9	72.3460	0.4110	57.0930	13.8736	0.2221
2.6	136.6	70.6693	0.3444	54.4862	9.8585	0.3793
3	98.5	77.169	0.1408	47.6547	14.0305	0.1249
3.4	66.4676	27.4095	0.1020	36.8796	8.9690	0.0667
3.8	42.0987	29.27	0.0646	27.9605	10.9560	0.0621
4.2	12.7686	33.97	0.0539	16.8919	9.8460	0.0470

بينت نتائج الجدول (6) لقيم قدرة التحليل الطاقي قبل إدخال تقنية كشف الحافة وبعـدها ببرنـامج Area Gauss Track طرأ عليها بعض التحسن النوعي من خلال نقصان قيمتها العددية ولمعظم الطاقات بنسبة قربت من(36,43,46,11,35,4,13%) للطاقات (1.4,1.8,2.2,3,3.4,3.8,4.2MeV) على التوالي اما عند الطاقة (2.6) ففلت بنسبة 10%. ومما تقدم يمكننا القـول أن قدرة التحليل الطاقي بدلالة المساحة تكون أفضل للطاقات العالية ما بعد الطاقة 2.6MeV (ضمن المدى المستخدم) بالموازنة مـع قدرة التحليل الطاقي بدلالة القطر عند الطاقات نفسها قبل ادخال تقنية كشف الحافه وبعدها هذا ماوضحته الجداول(1,2,6).

الأستنتاجات

1- تخضع جميع التوزيعات لأقطار الآثار مع مكررات كثافاتها العددية ولاسيما عند زمن القشط الأمثل لتوزيع كاوس وتوزيع ويبل في الأنظمة الرقمية المستخدمه كما أن اكبر كثافة عددية للآثار في الكاشف لجميع الطاقات المستخدمه وللازمنه القشطية المختلفة ظهر عند متوسط القطر للآثار لكل من التوزيعات (توزيع كاوس و ويبل).

2- إن الجسيمات المشعع بها الكاشف وإن كانت تمتلك طاقة محددة إلا أنه يحصل تباين في فقدانها للطاقة خلال مرورها بمادة الكاشف وهذا مايظهر من التوزيعات الكاوسية وتوزيعات ويبل للطيف الطاقي لكل طاقة مستخدمة ويظهر أقل تباين في الطاقة الأطياف التي تمتلك أقل انحراف معياري.

3- توفر برامج المعالجة الصورية الرقمية والمستخدمه في هذه الدراسة بيانات ومعطيات فيما يتعلق لبعض معاملات الأثر التي تؤدي إلى تحديد بعض خواص الكاشف كقدرة التحليل الطاقي وكفاءة الكاشف على أستقصاء وعد آثار (من خلال اقتفاء عدد الآثار) فضلاً عن إستنباط بعض النتائج الأحصائية.

4- تستغرق الأنظمة الرقمية المستخدمه وقتاً لايتجاوز 6sec في المعالجات الصورية والذي يعتبر زمنا قصيراً بالمقارنة مع الوقت المستهلك بإسلوب القياس الروتيني (اليدوي) فضلاً عن الدقة العالية التي يبديها النظام.

5- اظهرت تقنية كشف حافة الأثر النووي باستخدام (Roberts) افضليه في تحسين قدرة التحليل الطاقي للكاشف في اطياف التوزيع الكاوسي ولاسيما عند الطاقات الواطئه ضمن المدىٰ المستخدم، في حين لم تظهر تلك التحسينات في أطياف توزيع ويبل.

6- تبين بان قدرة التحليل الطاقي يمكن الحصول عليها من خلال الملاءمة التي تم اعتمادها طبقاً لمساحات الآثار.

المصادر العربية

الجبوري، محمد محمود صالح(2004). قدرة التحليل الطاقي لكاشف الأثر النووي البلاستيكي PM-355 لجسيمات ألفا وتأثير المعالجة الحرارية. جامعة الموصل، كلية التربية، رسالة ماجستير،موصل، العراق.

الجميلي، فراس محمد (2009)، قياس الجرعات الإشعاعية الكهرومغناطيسية باستخدام كواشف الأثر النووي و تحديد كفاءاتها الذاتية مع إدخال المعالجة الصورية الحاسوبية في القياس. جامعة الموصل، كلية العلوم، اطروحة دكتوراه، الموصل، العراق.

عبد الله، علي عطية; الدركزلي، شذى سليمان ; الياس، مازن مانؤييل (1990)، " الفيزياء النووية التطبيقية ". مطابع التعليم العالي، بغداد، العراق.

العريبي،علياء قصي احمد تقي (2008). تطبيق تقنيات تقليدية وذكائية لتحسين التباين في الصور الرقمية، مجلة الرافدين لعلوم الحاسبات والرياضيات، **5**(2) ، (2)، 135-158.

المصادر الأجنبية

Amero, C.; Golzarri, J.I.; Izerrouken, M.; Espinosa, G. (2001). ^{148}Gd, ^{238}U, ^{239}Pu and ^{244}Cm Alpha Particle Energy Analysis Using Tracks in Solids.*Radi. Meas.*, **34** , 341–343.

Cember, H. (1996). "Introduction of Health Physics", 3rd ed., McGraw Hill, Pergamon Press- London, 129-131.

Moses, E . ;Bassuah, B. ;Pual, K.; Osborne, C. (2007). Track Analysis of Laser –illuminated Etch Track Detectors Using an Opto-digital Imaging System,*Meas. Sci. and Tech*., **18,** Isse 11, 3651-3660.

Mostofizadeh, A.; Sun, X.; Kardan, M.R.(2008). Improvement of Nuclear Track Density Measurements Using Image Processing Techniques, *Ame. J. of App.Sci.* **5 (2)**. 71-76.

Muraleedharan, G.; Rao, A.G.; Kurup P.G.; Nair, N. Unnikrishnan; Sinha Mourani (2007). "Coastal Engineering". **54** (8), 630–638.

Palacias, D.; Sajo-Bohus, L.; Barros, H.; Fusella E.; Avila, Y. (2011). Analysis and Correction of Track Overlapping on Nuclear Track D, etector, *Revista Mexicana De Fisica*, **57**(1), (34-39)

Patiris, D.L.; Blekas, K.; loannides, K.G.(2007). TRIACII. A Matlab Code for Track Measurements From SSNT Detectors, *Comp. Ph. Comm.* 177, Issue 3, 329-338.

Patiris, D.L.; Blekas, K.; Loannides, K.G. (2006). TRIAC: Acode for Track Measurements Using Image Analysis Tools, *Nucl. Inst. And Method in Physics Research*, **244** , 392-396.

Sujatha, C.; Selvathi, D.(2012). An Optimal Solution for Image Edge Deteaction Problem Using Simplified Gabor Wavelet, *Inter.J.l of Comp. Sci.*, *Engineering and Information Technology (IJCSEIT),* **l.2**,(No.3), 99-115.

Zaki, M.F.; EL-Shaer, Y.H. (2007). Particularization of Alpha Contamination Using CR-39 Track Detectors, *Indian Academy of Sciences***, 69**, (No. 4),(567–574).