

دراسة تأثير الفتحة البيضوية المعاقة على توزيع الشدة في صورة جسم على شكل شق Study the Effect of elliptical Aperture on Intensity Distribution of Bar Object Image

أزهر عبد الزهرة رحيم

قاسم حسن عبيد

التخصص الدقيق: بصريات

Azhr_2010@yahoo.com

07802569874

جامعة كربلاء/ كلية العلوم /قسم الفيزياء

الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة تأثير شكل الفتحة البيضوية المتغيرة الابعاد على توزيع الشدة في صورة جسم على شكل شق باعتماد قيم مختلفة من طول المحور الكبير للفتحة البيضوية ($a=1,2,3,4$) للأنظمة البصرية المثالية (الخالية من الزيوغ) والتي تحتوي على خطأ بؤري بمقدار ($w_{20}=0.25\lambda$), كذلك تم دراسة تأثير حجب الجزء المركزي من الفتحة البيضوية بعائق بيضوي على توزيع الشدة لصورة جسم على شكل شق للنظام البصري وتم اخذ قيم مختلفة لنسبة الإعاقة ($\varepsilon=0.25,0.5,0.75$), وقد بينت النتائج ان زيادة طول المحور الكبير للفتحة البيضوية وزيادة الإعاقة المركزية يعملان على زيادة الشدة المركزية وزيادة الحدة في الصورة للأنظمة المثالية, أما إذا احتوى النظام البصري على خطأ بؤري فإن زيادة نسبة الإعاقة وزيادة طول المحور الكبير للفتحة البيضوية يؤديان إلى نقصان الشدة المركزية في الصورة وزيادة تشوهها .

Abstract:

In this research the effect of elliptical aperture shape changing dimensional on distribution of intensity in the image of an object shaped bar has been studied by the adoption of different values of along the major axis of the elliptical aperture ($a=1,2,3,4$) of the ideal optical systems (free aberration), and which contains focus error ($w_{20}=0.25\lambda$), were also the effect of obstruction the central part of the elliptical aperture has been studied on the distribution of intensity to the image of bar object, the different values of obstruction ratio have been taken ($\varepsilon=0.25,0.5,0.75$), The results showed that increasing of the major axis length of the elliptical aperture and increase of obstruction ratio work to increase the central intensity and sharpness of the image for the ideal optical systems, on the other hand if the optical system contains focus error the increase of obstruction ratio and the major axis length lead to decrease the central intensity in the image and increase its disfiguration .

المقدمة: Introduction:

لقد اكتسب الشق المفرد أهمية في تقييم الأنظمة البصرية ومنها استخدامه المباشر في التصوير الجوي وذلك لأن عرض طيف الشق المفرد ممكن اخذه كمعيار وذلك من منحنى توزيع الشدة في صورته حيث ان عرض النصف الاضيق لصورة الشق يعني الصورة الاحسن عند تعدد الصور , اما في المجال التطبيقي فان الجسم الذي على شكل شق يكون اسهل انتاجاً من الجسم الجيبي . تمكن العديد من الباحثين من حساب توزيع الشدة في صورة جسم على شكل شق والتي تدعى بدالة انتشار الشق (Bar spread function) وللاختصار (BSF).

فقد قام (barakat) [1] بإيجاد دالة انتشار الشق لنظام بصري إضاعته متشاكهة في حالة وجود الزيغ الهالي باستخدام دالة الانتقال البصرية. أما تأثير السرعة الخطية على صورة الحيود للشق باستخدام الفتحة الدائرية فقد درست من قبل (Aldaamy F.k.) [2], كما تمكن (Amin) [3] من إيجاد دالة انتشار الشق بأجراء التكامل الالتفافي على بؤبؤ الإخراج للعدسة , وتمكن (Ahmed) [4] من حساب دالة انتشار الشق بوجود الزيغ الكروي والمذنبى (الهالي) وتبين ان الشق يحافظ على الحالة المثلى للزيغ حتى ولو تضاعفت قيمة الزيغ الكروي وذلك للشدة العالية التي يعطيها الشق مقارنة بالأجسام الأخرى, ومن جهة أخرى فقد تمكن (Aljubory) [5] من حساب تأثير الفتحة البيضوية المعاقة على دالة الانتشار النقطية. إن احد أهم العوامل التي تؤثر على توزيع الشدة في مستوى الصورة هو شكل فتحة النظام البصري حيث إن الفتحة تحدد كمية الضوء التي تصل إلى مستوى الصورة

بالإضافة إلى إن حجمها يؤثر على عمق المجال حيث إن الفتحات الصغيرة تعطي عمق مجال أطول , أيضا حجم الفتحة يحدد الزيوع البصرية فكلما كان حجم الفتحة أكبر كانت الصورة مشوهة وكذلك الفتحات الكبيرة تحتاج إلى نظام بصري بقطر أكبر [6] . في هذا البحث تم دراسة تأثير الفتحة البيضوية المعاقة بعائق بيضوي مركزي بنسب اعاقاة مختلفة على توزيع الشدة في صورة جسم على شكل شق .

النظرية: Theory

يتكون الشق من مجموعة من الأجسام الخطية ، وباستخدام مايسمى بنظرية الالتفاف (convolution Theorem) حيث يمكن إيجاد السعة المعقدة في صورة الشق حيث تلتف السعة المعقدة في الجسم الخطي مع السعة المعقدة في الشق [7] وباستخدام التكامل الالتفافي (convolution integral) نحصل على :

$$B(z) = \int_{-\infty}^{\infty} B(z).L(z-z)dz.....(1)$$

حيث إن $(L(z-z))$: السعة المعقدة في صورة جسم خطي على المحور (z) .
 $B(z)$: السعة المعقدة في صورة جسم على شكل شق , z : تمثل المسافة الخطية المختزلة في مستوى الصورة وفي حالة عرض الشق $(2d)$ تكون السعة المعقدة للشق كالآتي :

$$\begin{cases} |Z| \leq d & \text{عندما يكون } B(Z)=1 \\ |Z| > d & \text{عندما يكون } B(Z)=0 \end{cases}$$

ويمكن كتابة دالة الانتشار الخطية بالشكل الآتي [8] :

$$L(z-z) = \int \int \int f(x, y).f(x, y)^* .e^{i(z-z)x} .e^{-i(z-z)x_i} dx_i .dx .dy.....(2)$$

حيث ان $(f(x, y))$: تمثل دالة البؤبؤ للنظام البصري والتي يمكن كتابتها بالشكل الآتي [9]:

$$f(x, y) = \tau(x, y)e^{ikv(x,y)}.....(3)$$

حيث ان $(w(x,y))$: تمثل متسلسلة الزيوع , $\tau(x,y)$: تمثل شفافية البؤبؤ وتأخذ مساوية للواحد للفتحة المتماثلة

وبتعويض المعادلة (2) في المعادلة (1) نحصل على :

$$B(z) = \int \int \int f(x, y)f(x, y)^* e^{izx} e^{-izx_i} dx_i dx dy \int_{-\infty}^{\infty} B(z)e^{iz(x-y)} dz.....(4)$$

وبتعويض المعادلة (3) في المعادلة (4) وباجراء بعض العمليات الرياضية [2] على المعادلة (4) نحصل على :

$$B(z) = N \left[\int \int \int \frac{\sin((x-x_i).d)}{(x-x_i)} \cos(k(w(x, y) - w(x_i, y)) + z(x-x_i)) \right] dx_i dx dy.....(5)$$

حيث إن $B(z)$ هو الشدة في صورة الشق أو بعبارة أخرى دالة انتشار الشق (Bar spread function).
 (N) : هو عامل المعايرة الذي اشتقت قيمته من قبل (H.M. Amin) [3] وذلك بجعل $(B(z)=1)$ عندما $(z=0)$ للنظام المثالي الخالي من الزيوع , وفي هذا البحث تم إيجاد عامل المعايرة لدالة انتشار الشق للفتحة البيضوية المعاقة وهو $(1/\pi^2(1-\varepsilon^2))$.
 يمكن إيجاد دالة انتشار الشق لنظام بصري يعمل بفتحة بيضوية مساحتها (π) ذات عائق بيضوي مركزي بالشكل الآتي :

$$B(z) = B_1(z) - B_2(z).....(6)$$

حيث ان $(B_1(z))$: تمثل الشدة في صورة الشق للفتحة البيضوية, $(B_2(z))$: تمثل الشدة في صورة الشق للعائق البيضوي, ان شكل حدود التكامل للمعادلة (6) لكلا الحدين بالنسبة للفتحة البيضوية او للعائق يمكن توضيحها من الشكل (1) والذي يبين فتحة بيضوية ذات محور كبير (a) المنطبق على المحور (x) اما المحور الصغير فهو (b) المنطبق على المحور (y), اما بالنسبة للعائق البيضوي فان المحور الكبير له (a_1) المنطبق على المحور (x) والصغير (b_1) المنطبق على المحور (y), وان نسبة الاعاقة (ε) هي النسبة بين طول المحور الرئيسي للفتحة البيضوية (a) الى طول المحور الرئيسي للعائق البيضوي (a_1) وهي نفسها النسبة بين طولي المحورين الثانويين للفتحة البيضوية (b) والعائق البيضوي (b_1) اي ان:

$$\varepsilon = \frac{a_1}{a} = \frac{b_1}{b} \dots\dots\dots(7)$$

ان مساحة الفتحة البيضوية هي :

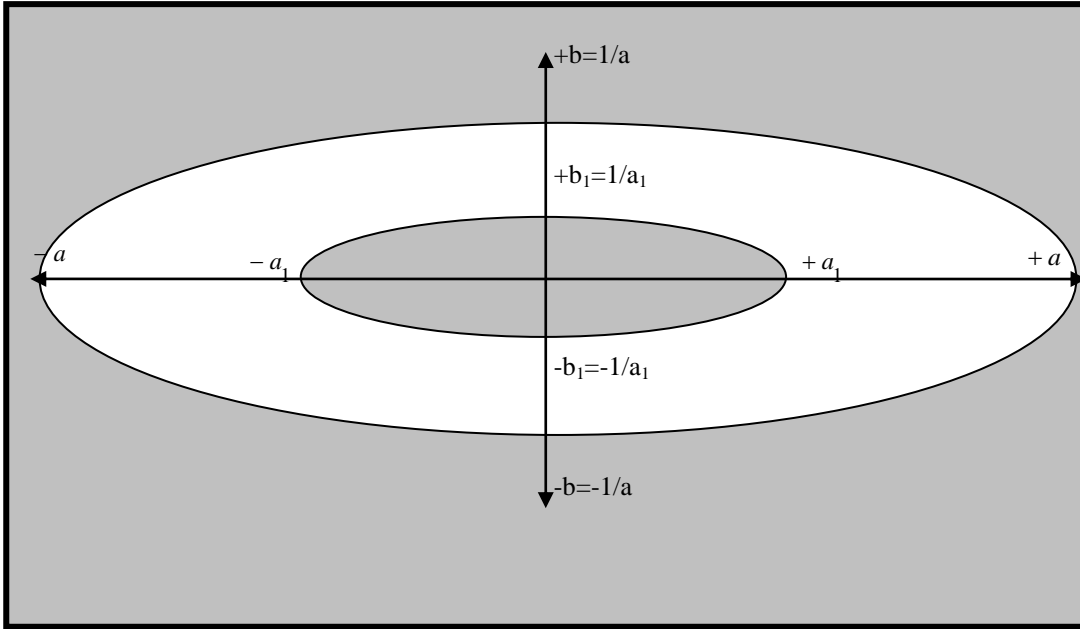
$$A = ab\pi \dots\dots\dots(8)$$

وبما ان الفتحة البيضوية المدروسة في البحث مساحتها (π) لذلك فان المعادلة (8) تصبح :

$$ab\pi = \pi \Rightarrow$$

$$ab = 1 \Rightarrow$$

$$a = \frac{1}{b} \dots\dots\dots(9)$$



الشكل (1) يوضح حدود الفتحة البيضوية المعاقبة بعائق بيضوي

ان معادلة الفتحة البيضوية العامة هي:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \Rightarrow$$

$$x = \pm a \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}}$$

وباستخدام المعادلة (9) نحصل على :

$$x = \pm a \sqrt{1 - a^2 y^2} \dots\dots\dots(10)$$

ان المعادلة (10) تمثل حدود التكامل للفتحة البيضوية على المحور (x), اما حدود التكامل على المحور (y) فيمكن التعبير عنه بالاستفادة من المعادلة (9) حيث ستكون:

$$y = \pm b = \pm \frac{1}{a} \dots\dots\dots(11)$$

أما مايخص حدود التكامل للعائق البيضوي فان المعادلة العامة للشكل(العائق) البيضوي ستكون :

$$\frac{x_1^2}{a_1^2} + \frac{y_1^2}{b_1^2} = 1 \Rightarrow$$

$$x_1 = \pm a_1 \sqrt{1 - \frac{y_1^2}{b_1^2}} \dots \dots (12)$$

ومن المعادلة (7) نحصل على :

$$a_1 = a\varepsilon, b_1 = b\varepsilon$$

وبالاستفادة من المعادلة السابقة والمعادلة (9) وتعويضها في المعادلة (12) ينتج :

$$x_1 = \pm a\varepsilon \sqrt{1 - \frac{y_1^2}{\varepsilon^2 b^2}} = \pm a\varepsilon \sqrt{1 - \frac{a^2 y_1^2}{\varepsilon^2}} \Rightarrow$$

$$x_1 = \pm a \sqrt{\varepsilon^2 - a^2 y_1^2} \dots \dots (13)$$

والمعادلة (13) تمثل حدود التكامل على المحور (x) للعائق البيضوي، اما حدود التكامل على المحور (y) فيمكن الحصول عليها من المعادلة (7) حيث:

$$y_1 = \pm b_1 = \pm \varepsilon . b = \pm \frac{\varepsilon}{a} \dots \dots (14)$$

ومن المعادلات (10,11) و(13,14) نستطيع كتابة المعادلة النهائية لدالة انتشار الشق والمتمثلة في المعادلة (6) بالشكل الاتي :

$$B(z) = N \left[\left[\int_{\frac{-1}{a}}^{\frac{1}{a}} \int_{-a\sqrt{1-a^2y^2}}^{+a\sqrt{1-a^2y^2}} \int_{-a\sqrt{1-a^2y^2}}^{+a\sqrt{1-a^2y^2}} \frac{\sin((x-x_i).d)}{(x-x_i)} \cos(k(w(x,y) - w(x_i,y)) + z(x-x_i)) dx_i dx dy \right] - \left[\int_{\frac{-\varepsilon}{a}}^{\frac{\varepsilon}{a}} \int_{-a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}}^{+a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}} \int_{-a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}}^{+a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}} \frac{\sin((x-x_i).d)}{(x-x_i)} \cos(k(w(x,y_1) - w(x_i,y_1)) + z(x-x_i)) dx_i dx dy_1 \right] \right] \dots \dots (15)$$

وبما إن العدد الموجي يساوي $(k=2\pi/\lambda)$ وباعتبار ان الزيغ الكروي يقاس بوحدات الطول الموجي وبما إن المعادلة معيرة لأي طول موجي وعند إزاحة مستوى البؤرة المحورية إلى مستوى بؤري آخر فإن معادلة الزيغ الكروي تعطى بدلالة الخطأ البؤري $(w_{20}(x^2+y^2))$, ولذلك فإن المعادلة (15) تصبح:

$$B(z) = N \left[\left[\int_{\frac{-1}{a}}^{\frac{1}{a}} \int_{-a\sqrt{1-a^2y^2}}^{+a\sqrt{1-a^2y^2}} \int_{-a\sqrt{1-a^2y^2}}^{+a\sqrt{1-a^2y^2}} \frac{\sin((x-x_i).d)}{(x-x_i)} \cos(2\pi(w_{20}(x^2+y^2) - w_{20}(x_i^2+y^2)) + z(x-x_i)) dx_i dx dy \right] - \left[\int_{\frac{-\varepsilon}{a}}^{\frac{\varepsilon}{a}} \int_{-a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}}^{+a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}} \int_{-a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}}^{+a\sqrt{\varepsilon^2-a^2y_1^2}} \frac{\sin((x-x_i).d)}{(x-x_i)} \cos(2\pi(w_{20}(x^2+y_1^2) - w_{20}(x_i^2+y_1^2)) + z(x-x_i)) dx_i dx dy_1 \right] \right] \dots \dots (16)$$

إن المعادلة أعلاه تمثل دالة انتشار الشق لنظام بصري يعمل بفتحة بيضوية معاقدة بعائق بيضوي وتحت تأثير الخطأ البؤري.

النتائج والمناقشة: Result and Discussion

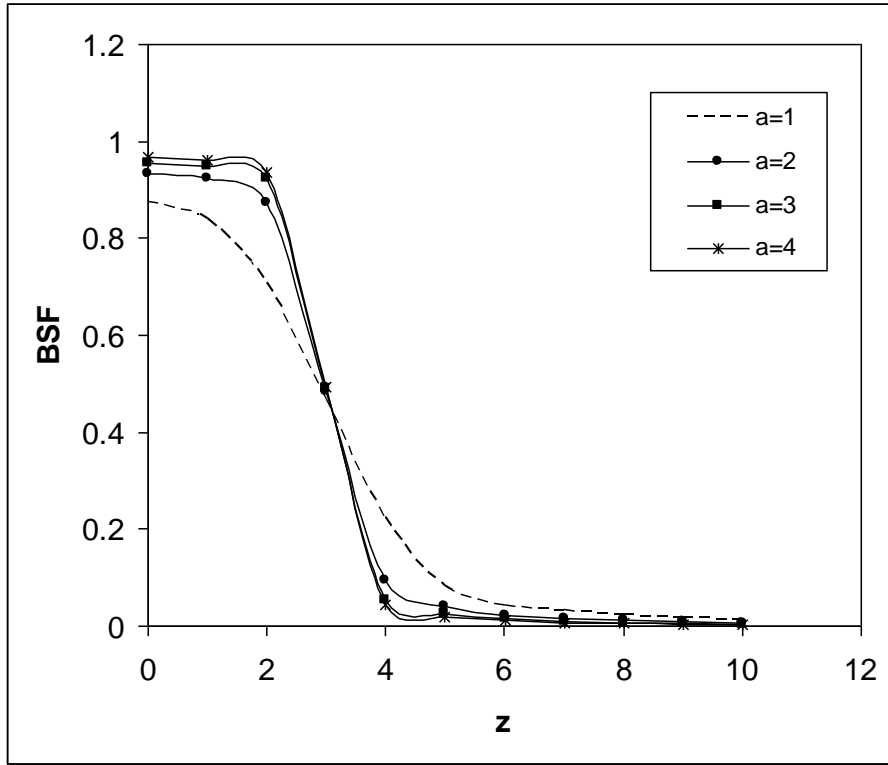
لقد تم حل المعادلة (16) عن طريق برنامج (MathCAD) لإيجاد دالة انتشار الشق لنظام بصري مثالي او يحتوي على خطأ بؤري بمقدار ($w_{20}=0.25\lambda$) عند قيم مختلفة لنصف عرض الشق ($d=3,5,7$) وبنسب اعاقه ($\varepsilon=0,0.25,0.5,0.75$) وتم التاكيد من صحة النتائج بعد جعل ($a=b=1$) للفتحة البيضوية لتصبح فتحة دائرية وقد ظهرت النتائج مطابقة للدراسات السابقة [2].

يبين الشكل (2) منحنيات توزيع الشدة في مستوى الصورة (دالة انتشار الشق) بعرض نصف للشق ($d=3$) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج بيضوية لقيم مختلفة للمحور الكبير، يتضح من الشكل ان قيمة الشدة العليا تزداد عند زيادة طول المحور الكبير نسبة الى المحور الصغير في الفتحة البيضوية مقارنة بالحالة عندما ($a=1$) (والتي تعتبر الفتحة في هذه الحالة دائرية لكل الحالات المدروسة لان الفتحة الدائرية مهمة في الاستخدامات البصرية لذلك يفضل المقارنة بينها وبين الفتحات الأخرى) بحيث تكون الشدة لها (0.87393)، أما عندما تكون الفتحة بيضوية بإبعاد مختلفة فان الشدة المركزية تكون (0.93427, 0.95564, 0.96653) عندما ($a=2,3,4$) على التوالي، وان تلك الزيادة في الشدة المركزية تحدث بسبب التقليل من الأشعة اللامحورية من خلال تقليل المسافة العمودية للفتحة البيضوية والذي يؤدي إلى التقليل من تأثير الحيود وتركيز الأشعة الساقطة على الفتحة، كذلك يمكن ملاحظة الحدة في انسياب المنحني ولكن تبقى قدرة التحليل للنظام البصري متساوية تقريباً لكل الحالات (ان قدرة التحليل للنظام البصري تتحدد بعرض النصف للشدة المركزية لمنحني الدالة عندما يكون النظام البصري محدد بالحيود فكلما كان عرض النصف للمنحني اقل كانت قدرة التحليل للنظام البصري أفضل).

يوضح الشكلان (3,4) منحنيات الشدة في مستوى الصورة لشق عرض النصف له ($d=5$) و ($d=7$) على التوالي لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج بيضوية لقيم مختلفة لابعاد المحورين، ويبين الشكلان ان الشدة تزداد عند زيادة (d) مقارنة بالحالة السابقة) ولكن مع زيادة تسطح القيمة العليا للشدة والذي يؤدي الى عدم اعتبار القمة العليا للشدة كمعيار لنوعية الصورة، من جهة اخرى يوضح الشكلان ان هنال زيادة في حدة انسيابية الصورة وزيادة للشدة في القمة المركزية كلما ازدادت قيمة (a). يتضح من الشكل (5) الذي يمثل تأثير الاعاقه على توزيع الشدة في مستوى الصورة لشق عرض النصف له ($d=3$) (وقد تبين من الأشكال السابقة انه أفضل عرض نصف للشق من بين الاختيارات المطروحة في البحث) عند ($a=2$) للفتحة البيضوية، ان الشدة المعيرة لدالة انتشار الشق تزداد عند زيادة نسبة الاعاقه للعائق البيضوي لتصل إلى (0.95182, 0.95438, 0.97107) عندما ($\varepsilon=0.25,0.5,0.75$) على التوالي بينما تكون الشدة للفتحة البيضوية غير المعاقه (0.93427)، أيضا يمكن تعميم المناقشة أعلاه على الفتحة البيضوية التي محورها الكبير ($a=3$) و ($a=4$) لعرض نصف للشق ($d=3$) في الشكل (6,7) على التوالي، ولكن باختلاف قيم الشدة المركزية للصورة حسب طول المحور الكبير للشق المدروس، ان الأشكال السابقة تبين ان زيادة نسبة الإعاقة وزيادة طول المحور الكبير للفتحة البيضوية يعلمان على زيادة حدة المنحني لدالة انتشار الشق وزيادة قيمة الشدة المركزية له

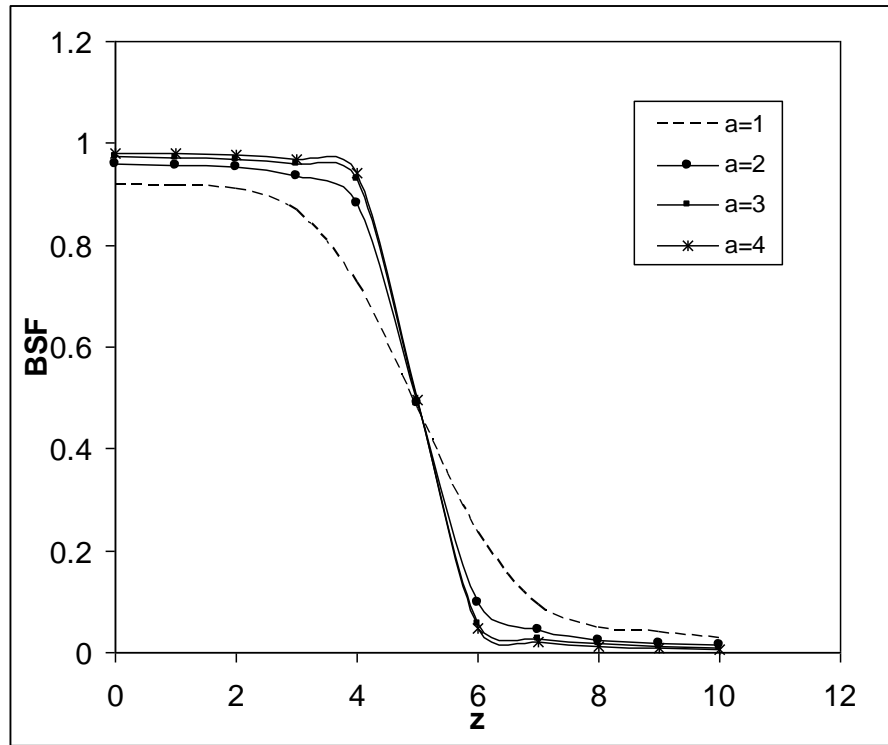
يوضح الشكل (8) والذي يبين تأثير الخطأ البؤري ($w_{20}=0.25\lambda$) على دالة انتشار الشق لنظام بصري ذي فتحة بيضوية ذات أطوال مختلفة للمحور الكبير حيث يتبين ان زيادة طول المحور الكبير للفتحة البيضوية يعمل على التقليل من الشدة المركزية للمنحني وزيادة تشوه الصورة لان انحراف جبهة الموجة يؤدي إلى زيادة تأثير الحيود الناتج من تقليص المحور العمودي نسبة إلى المحور الأفقي للفتحة البيضوية ولهذا فان ذلك يعمل على مضاعفة تأثير الخطأ البؤري في النظام البصري.

توضح الأشكال (9,10,11) تأثير الإعاقة على توزيع الشدة في مستوى الصورة لشق عرض النصف له ($d=3$) عند ($a=2,3,4$) على التوالي لقيم مختلفة من نسبة الإعاقة عند وجود خطأ بؤري في النظام البصري مقدارها ($w_{20}=0.25\lambda$)، يتبين من الأشكال ان زيادة نسبة الإعاقة يؤدي الى تشوه كبير في الصورة وانحطاط في الشدة المركزية بحيث ان الشدة المركزية تبقى ضمن المستوى المقبول مادامت الاعاقه لا تتعدى الربع .



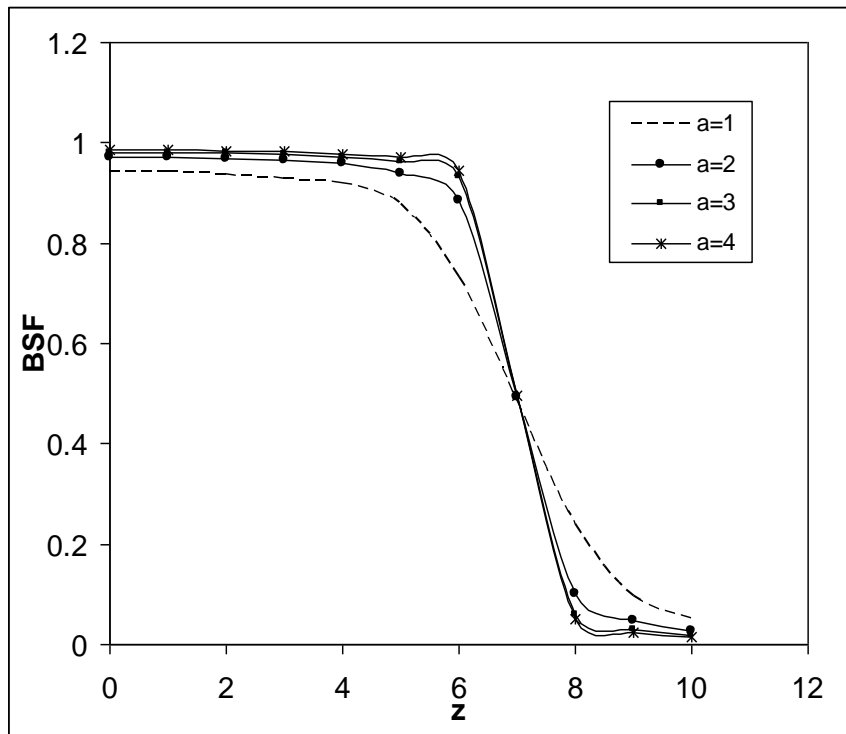
شكل (2)

توزيع الشدة في صورة شق (d=3) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية بابعاد مختلفة



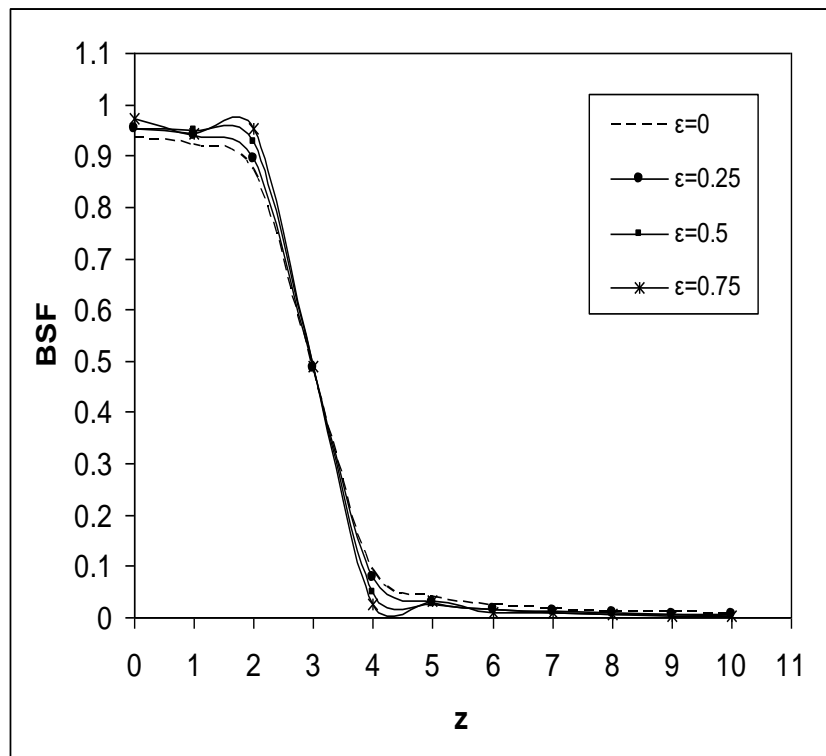
شكل (3)

توزيع الشدة في صورة شق (d=5) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية بابعاد مختلفة



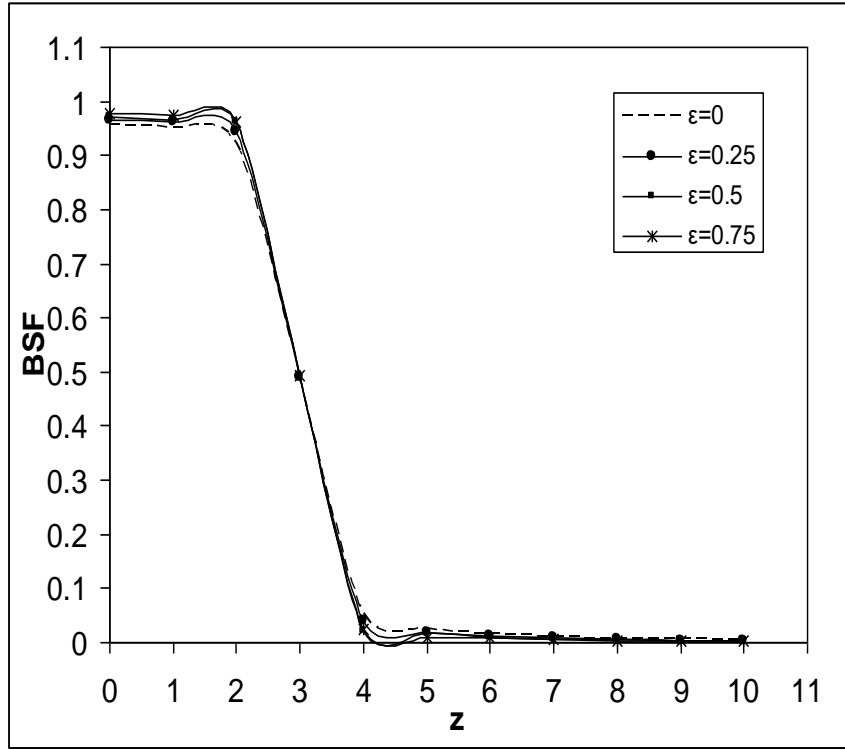
شكل (4)

توزيع الشدة في صورة شق ($d=7$) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية بأبعاد مختلفة



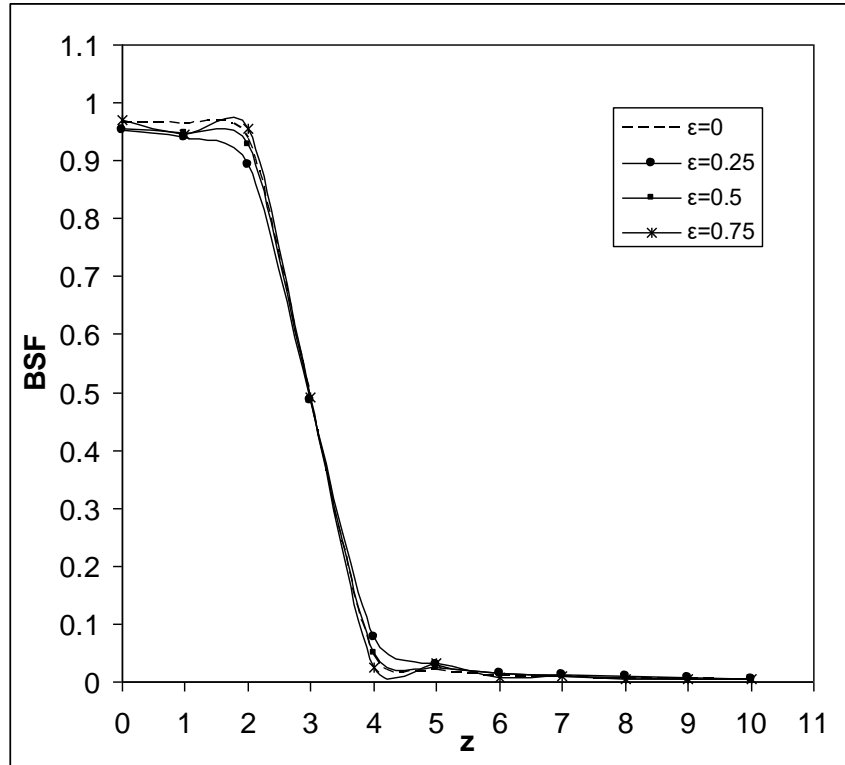
شكل (5)

تأثير الاعاقة على صورة شق ($d=3$) لنظام بصري بفتحة إخراج ببيضوية محورها الكبير ($a=2$)



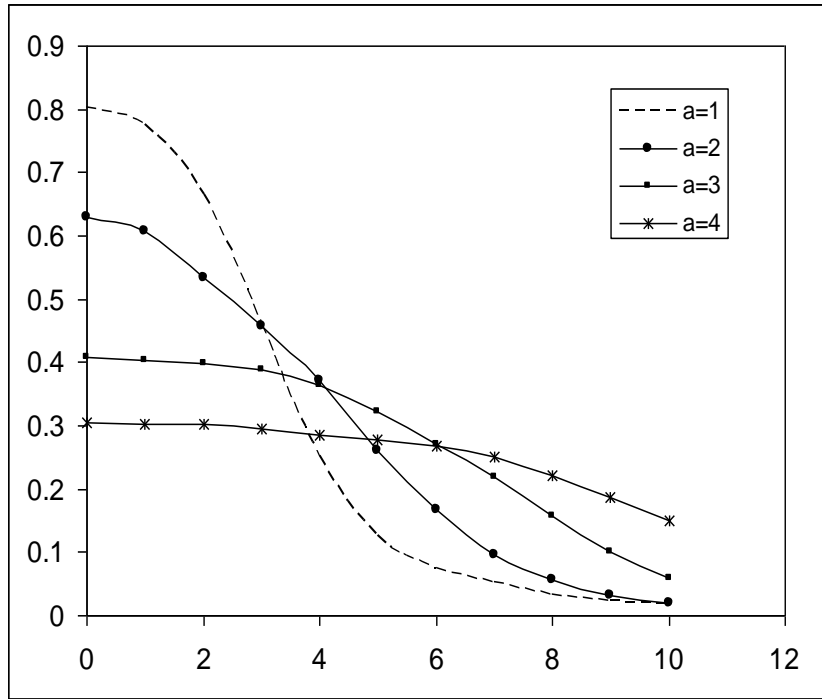
شكل (6)

تأثير الإعاقة على صورة شق ($d=3$) لنظام بصري بفتحة إخراج بيضوية محورها الكبير ($a=3$)



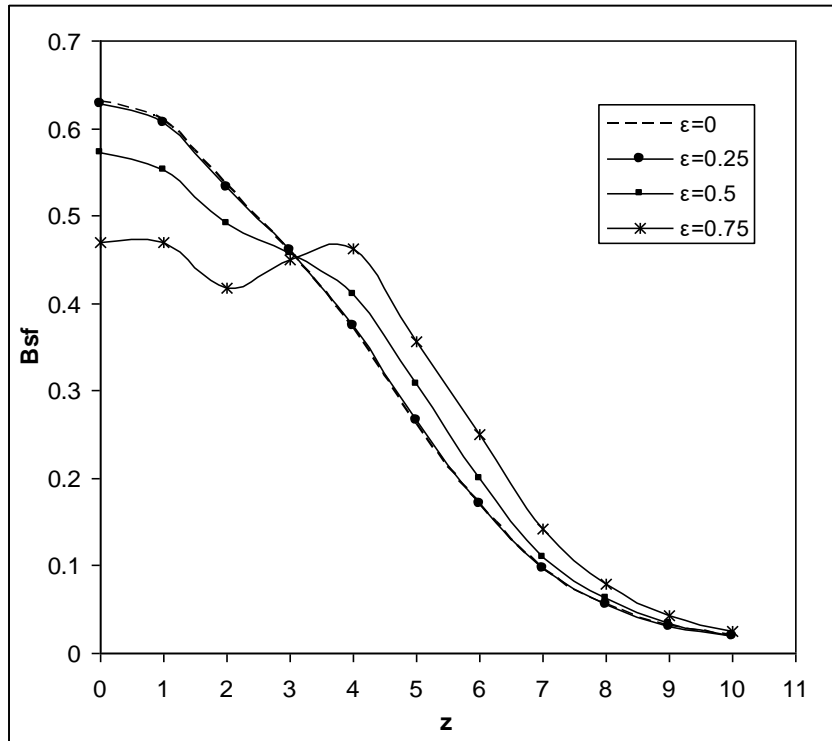
شكل (7)

تأثير الإعاقة على صورة شق ($d=3$) لنظام بصري بفتحة إخراج بيضوية محورها الكبير ($a=4$)



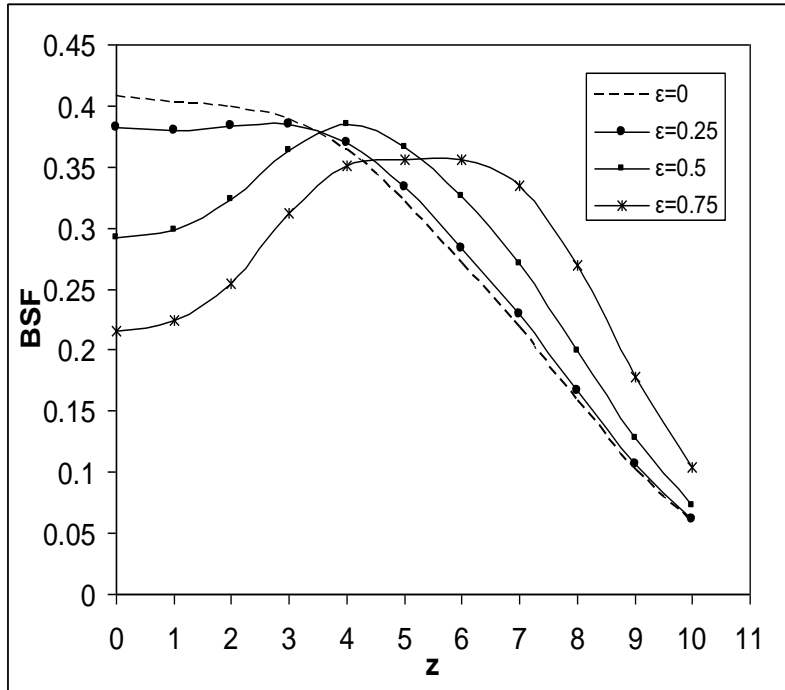
شكل (8)

توزيع الشدة في صورة شق ($d=3$) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية بابعاد مختلفة لنظام بصري يحتوي على خطأ بؤري ($w_{20}=0.25$)



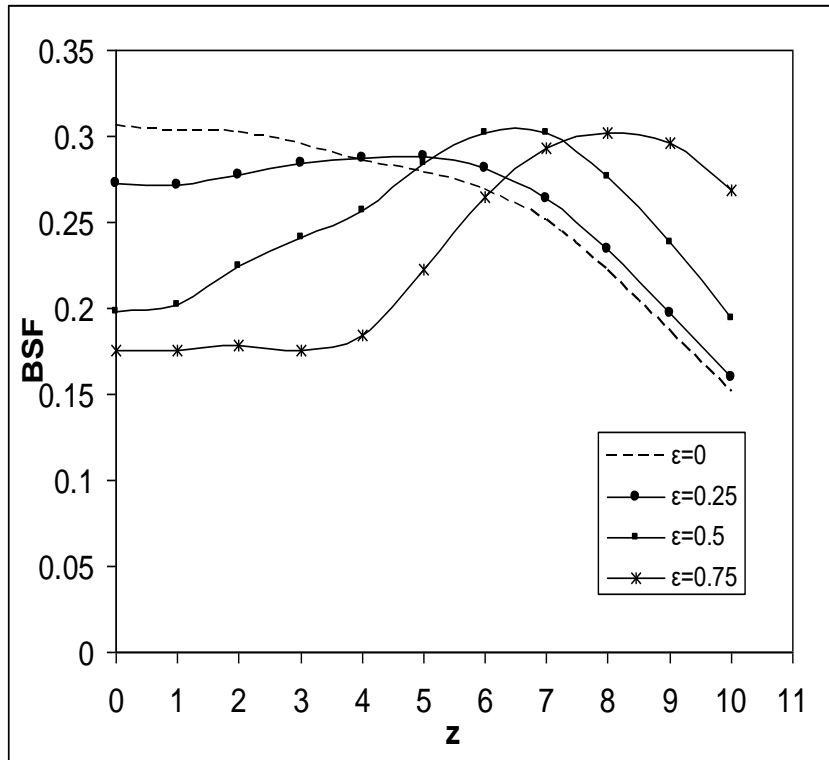
شكل (9)

توزيع الشدة في صورة شق ($d=3$) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية معاقة محورها الكبير ($a=2$) لنظام بصري يحتوي على خطأ بؤري ($w_{20}=0.25$)



شكل (10)

توزيع الشدة في صورة شق ($d=3$) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية معاقة محورها الكبير ($a=3$) لنظام بصري يحتوي على خطأ بؤري ($w_{20}=0.25$)



شكل (11)

توزيع الشدة في صورة شق ($d=3$) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج ببيضوية معاقة محورها الكبير ($a=4$) لنظام بصري يحتوي على خطأ بؤري ($w_{20}=0.25$)

$$\left. \int \int \frac{d}{y} dx dy \right\}^2$$

الاستنتاجات: conclusions

- 1- إن أفضل عرض نصف للشق هو ($d=3$) بالنسبة للاحتمالات المدروسة في البحث.
- 2- إن الفتحة البيضوية أفضل من الفتحة الدائرية حيث تعمل على زيادة حدة الشدة المركزية للصورة وإن زيادة طول المحور الأفقي للفتحة البيضوية وتقليل طول المحور العمودي يعمل على زيادة الشدة المركزية للصورة وتزداد تبعاً له حدة الصورة للانظمة المثالية وعلى أساس ذلك يعتبر طول المحور الكبير ($a=4$) أفضل من باقي الأطوال المدروسة.
- 3- إن استخدام الفتحة البيضوية في الانظمة التي تحتوي خطأً بؤري بمقدار ($w_{20}=0.25\lambda$) غير جيد وذلك لأنها تعمل على التقليل من الشدة المركزية للصورة وتشوه الصورة كلما ازداد طول المحور الكبير لها .
- 4- إن الإعاقة البيضوية المركزية لفتحة بيضوية تعمل على زيادة حدة المنحني لدالة انتشار الشق وزيادة قيمة الشدة المركزية له بشكل نسبي, وبذلك فإن أفضل نسبة إعاقة للفتحة البيضوية هي ($\varepsilon=0.75$) من بين الاختيارات المدروسة للنظام البصري المثالي.
- 5- إن الإعاقة البيضوية المركزية تؤدي إلى تشوه الصورة ونقصان الشدة المركزية للدالة إذا كان النظام يحتوي على خطأً بؤري وبذلك تعتبر وسيلة غير جيدة عند وجود خطأً بؤري في الأنظمة البصرية.

المصادر: References

- [1] R. Baraket, A. Houston, J.Opt.Soc.Am.Vol.56,1402, 1966.
- [2] Aldaamy F.k., MSc. Thesis,Babilon Univ.,Iraq,2001.
- [3] H.M. Amin , MSc. Thesis, Al-Mustansiriyy Univ.,Iraq, 1984.
- [4] Q.K. Ahmed, J. of Sp. And Ast.,Res.,Vol.2,35, 1988.
- [5]A.F.Hassan, journal of qadisiya for pure sciences ,V (13), N(4),2008 .
- [6]Nicholas Ewton,Peter W.Draper and Alasdair Allan ,Techniques of aperture photometry(<http://www.starlink.rl.ac.uk/star/docs/sun45.htx/node36.html>), in photom-Aphotometry,package, 2008.
- [7]S.M. Hamiad, Ph .D. Thesis, Al-Mustansiriyy Univ.,Iraq, 1999.
- [8] Muralidhara subbarao, New York Univ,2006.
- [9] E. Hecht, Optics, third Edition, Addison – Sley publishing Company, (1998).