دراسة تأثير عائق لا مركزي لفتحة دائرية معاقة على الزيغ الكروي من الرتبة الثالثة

عدنان فالح حسن* منذر باقر حسن* طالب عبد الرضا عبد الواحد*

استلام البحث 15، ايار، 2008
تاريخ قبول النشر 19، كانون الثاني، 2009

الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة الزيغ الكروي من الرتبة الثالثة لمنظومة بصرية متكونة من فتحة دائرية معاقة بعائق دائري لا مركزي وذلك بحساب قيم دالة الانتشار النقطية (P.S.F) لحالة كون العائق في المركز و مقارنة هذه القيم عند تحريك العائق بعيدا عن المركز حيث أظهرت النتائج تحسنا واضحا لقيم لدالة الانتشار (P.S.F) عند تحريك العائق, وقد تمت هذه الدراسة لقيم مختلفة من نسب الإعاقة (ε =0.25,0.5,0.75) وكذلك لقيم مختلفة من الزيوغ الكروية من الرتبة الثالثة (W_{40}=0.25λ,0.5λ,0.75λ,1λ).

الكلمات المفتاحية :دالة الانتشار النقطية,فتحة دائرية,فتحة معاقة,زيغ كروي

مقدمة :

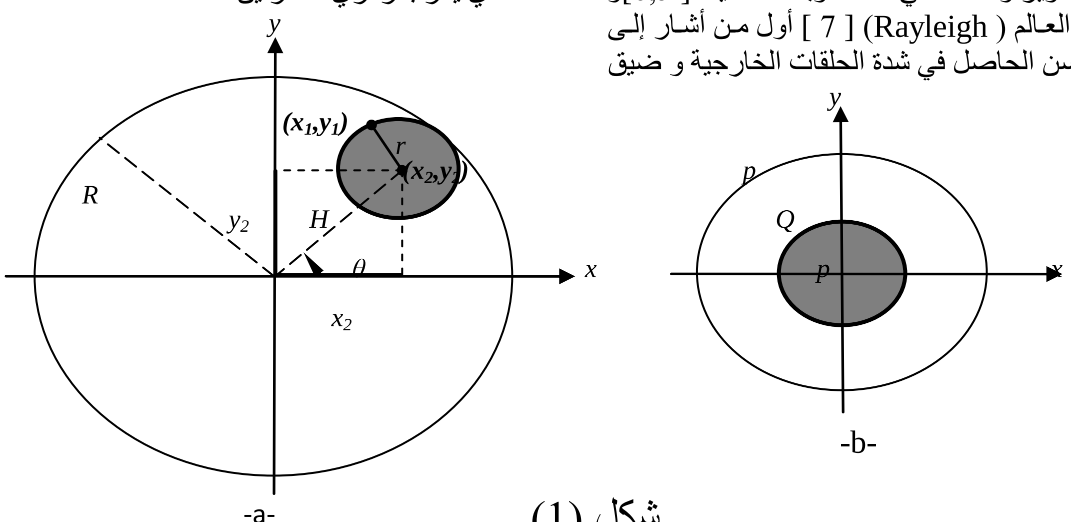
من المعروف جيدا أن المنظومات البصرية لا تخلو من الزيوغ مهما توخينا الدقة في عملية تصنيعها , ومن اجل الحصول على صورة جيدة هناك عدة إجراءات متبعة لتقليل هذه الزيوغ منها تغير شكل العدسة أو إزاحة موقع فتحة الخروج [2,1] كذلك فانه يمكن تقليل الزيغ الكروي على وجه الخصوص بوضع حاجب يحتوي على فتحة صغيرة تسمح بمرور الأشعة المنكسرة والتي تكون قريبة من مركز العدسة فقط [1] يعتبر الزيغ الكروي من الزيوغ اللالونية أو ما تسمى بزيوغ سيدل(Seedl Aberration) نسبة إلى العالم سيدل الذي قام بعدة أبحاث حول الزيوغ اللالونية [3] و يعد العالمان (J.E.Vlleneure) و(Boivin) [4] من السباقين في إجراء بحوث مفصلة حول منظومات بصرية تعاني من زيوغ كروية .

لقد بينت التقنية الخاصة باستخدام الفتحة الحلقية أهمية كبيرة في التطبيقات العملية كما في التصوير وكذلك في التلسكوبات الفلكية [6,5]و يعد العالم (Rayleigh) [7] أول من أشار إلى التحسن الحاصل في شدة الحلقات الخارجية و ضيق القمة المركزية عند استخدام فتحات حلقية في المنظومات البصرية .

إن قياس الزيوغ الموجية والذي يتم في بؤبؤ الخروج يمكن معرفته بقياس الشدة في مستوي الصورة [8,1] و تعتبر دالة الانتشار النقطية (P.S.F) من أهم الدوال المستخدمة لتقييم و حساب تأثير الزيوغ وبالتالي تقييم نوعية الصورة [9, 10].

اشتقاق معادلة دالة الانتشار النقطية :-

من خلال الشكل (1- a) والذي يمثل عائق دائري نصف قطره (r) يتحرك ضمن فتحة دائرية نصف قطرها (R) ، وأن (x_2,y_2) هو مركز العائق الدائري ، و (x_1,y_1) أية نقطة واقعة على محيط العائق الدائري ، (H) هو البعد بين مركز العائق الدائري ومركز الدائرة الكلية ، (θ) هي الزاوية المحصورة بين محور x والمستقيم الذي يمر بمركزي الدائرتين



شكل (1)

*جامعة الكوفة / كلية العلوم /قسم الفيزياء

أن معادلة الدائرة الخاصة بالعائق تكتب بالشكل :

$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 = r^2 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

وحيث أن النسبة بين نصف قطر العائق إلى نصف قطر الدائرة الكلية يكون مساوياً الى نصف قطر العائق عندما يكون نصف قطر الدائرة الكلية مساوياً للواحد فيكون :

$$\epsilon = \frac{r}{R} = r \quad \text{عندما} \quad R = 1$$

وبذلك تكون المعادلة (1) بالشكل :

$$(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 = \epsilon^2 \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\because \cos\theta = \frac{x_2}{H} \Rightarrow x_2 = H\cos\theta \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

$$\because \sin\theta = \frac{y_2}{H} \Rightarrow y_2 = H\sin\theta \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

وبتعويض المعادلة (3) و (4) في معادلة (2) نحصل على :

$$(x_1 - H\cos\theta)^2 + (y_1 - H\sin\theta)^2 = \epsilon^2$$

$$\therefore x_1 = \pm\sqrt{\epsilon^2 - (y_1 - H\sin\theta)^2} + H\cos\theta \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

إن المعادلة (5) تمثل تغير x_1 عند أجراء المسح للعائق الدائري على المحور السيني لغرض الحصول على التكامل ، أما تغير y_1 اللازم لأجراء التكامل على المحور الصادي فأنه يعطى بـ :

$$y_1 = \pm\epsilon + y_2 \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

وبالتعويض عن قيمة y_2 من المعادلة (4) في معادلة (6) نحصل على :

$$y_1 = \pm\epsilon + H\sin\theta \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

إن قيمة H تأخذ قيم محصورة بين قيمتين هما :

1. عندما يكون العائق يمس الدائرة الكلية من جهة معينة ، فأن اكبر قيمة لـ (H) ستكون :

$$H = 1 - r = 1 - \epsilon \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

2. عندما يكون العائق يمس الدائرة الكلية من الجهة المقابلة للجهة الأولى فأن (H) تأخذ اصغر قيمة أي أن :

$$H = -(1 - r) = -(1 - \epsilon)$$

وعليه يكون :

$$-(1 - r) \le H \le (1 - \epsilon) \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

أما الزاوية θ فتكون محصورة بين

$$0 \le \theta \le 2\pi$$

ولغرض أيجاد دالة الانتشار النقطية الخاصة بالمنظومة المحتوية على عائق يتحرك في مدى قيم (H) و (θ) ، نلاحظ من خلال الشكل (1 – b) والذي يبين فتحة حلقية ذات عائق مركزي [11، 12] ، حيث (p) منطقة الدائرة الكاملة التي نصف قطرها (R) وتمثل ($P^{/}$) منطقة العائق المركزي بنصف قطر ε R .
حيث ε نسبة نصف قطر العائق الى نصف قطر الدائرة وتدعى بنسبة الإعاقة او الحجب المركزي للفتحة الحلقية (Obscurities Ratio) وتتراوح قيمتها (0 ≤ ε < 1) .وبذلك نحسب منطقة الحلقة (Q) من حاصل طرح منطقة العائق من الدائرة الكلية [5، 11] :-

$$Q = p - p^{/} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

وبذلك يمكن التعبير عن السعة المعقدة للفتحة الحلقية (المعاقة) بدلالة دالة البؤبؤ ، باستخدام تحويلات فورير (Fourier Transform) لدالة البؤبؤ (pupil Function) [13] .

وبما ان :

$$f_{(x,y)} = \tau_{(x,y)}\, e^{i\,k\,\omega(x,y)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

حيث أن : $e^{i\,k\,\omega(x,y)}$ تمثل دالة زيغ جبهة الموجة .
(x,y) إحداثيات بؤبؤ الإخراج .
$\omega_{(x,y)}$ تمثل دالة الزيوغ .
$\tau_{(x,y)}$ تمثل توزيع السعة الحقيقية (Real Amplitude) وغالباً ما يوضع مساوياً للوحدة (unity) .

فأن دالة الانتشار النقطية تأخذ الصيغة التكاملية التالية :

$$F_{(u',v')} = \frac{1}{A'} \int_y \int_x f_{(x,y)}\, e^{2\pi i(ux+vy)}\, dx\,dy \quad \ldots\ldots\ldots (12)$$

حيث أن : A' تمثل مساحة بؤبؤ الإخراج .
$F_{(u',v')}$ تمثل السعة المعقدة في مستوي الصورة .
(u',v') إحداثيات مستوي الصورة .

أن الشدة في دالة الانتشار النقطية تحسب من خلال ضرب الدالة $F_{(u,v)}$ بالمرافق المعقد لها أي أن :

$$G_{(u,v)} = \left|F_{(u,v)}\right|^2$$

$$\therefore \; G_{(u,v)} = n.f \left| \int_y \int_x f_{(x,y)}\, e^{2\pi i(ux+vy)}\, dx\,dy \right|^2 \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

حيث أن f . n يمثل عامل المعيارية (Normalizing Factor)

وباعتبار أن $m' = 2\pi v'$, $z = 2\pi u'$ تكون المعادلة (13) بالشكل :

$$G_{(z',m')} = n.f\left|\int_y\int_x f_{(x,y)}e^{i(z'x+m'y)}\,dxdy\right|^2 \quad \dots\dots\dots\dots (14)$$

ويمكن الاكتفاء بمحور واحد في مستوي الصورة لتشابه توزيع الشدة على كل من المحورين m , z (أي يمكن وضع $m=0$) وبذلك يكون :

$$G_{(z')} = n.f\left|\int_y\int_x f_{(x,y)}e^{iz'x}\,dxdy\right|^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

وباستخدام المفهوم الفيزيائي للمعادلة(10)وبالتعويض عن حدود تكامل العائق بالمعادلتين(5)و(6)نحصل على:

$$P.S.F = G_{(z)} = n.f\left|\int_{-1}^{1}\int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} f_{(x,y)}e^{izx}dxdy - \int_{-\epsilon+H\sin\theta}^{+\epsilon+H\sin\theta}\int_{-\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta}^{+\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta} f_{(x_1,y_1)}e^{iz_1x_1}dx_1dy_1\right|^2 \dots (16)$$

وفي حالة كون النظام محدد بالحيود فأن دالة الزيغ $\omega_{(x,y)} = 0$ وبذلك تكون دالة البؤبؤ $f_{(x,y)} = 1$ (حسب المعادلة (11))، ولإيجاد قيمة عامل المعايرة التي تجعل الدالة $G_{(u,v)} = 1$ عندما $z' \to 0$ نكامل المعادلة (16) [5، 11] .

نفترض أن :

$$y_{11} = y_1 - H\sin\theta \;\Rightarrow\; dy_{11} = dy_1$$

$$when \quad y_1 = \epsilon + H\sin\theta \quad \Rightarrow$$

$$y_{11} = \epsilon + H\sin\theta - H\sin\theta = \epsilon$$

$$y_{11} = \epsilon \quad \dots\dots\dots\dots (17)$$

$$when \quad y_1 = -\epsilon + H\sin\theta \quad \Rightarrow$$

$$y_{11} = -\epsilon + H\sin\theta - H\sin\theta = -\epsilon$$

$$\therefore \quad y_{11} = -\epsilon \quad \dots\dots\dots\dots (18)$$

$$\therefore\; G_{(z)} = 1 = n.f\left|\int_{-1}^{1}\int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} dxdy - \int_{-\epsilon}^{+\epsilon}\int_{-\sqrt{\epsilon^2-y_{11}^2}+H\cos\theta}^{+\sqrt{\epsilon^2-y_{11}^2}+H\cos\theta} dx_1dy_{11}\right|^2$$

$$= n.f\left|\int_{-1}^{+1} 2\sqrt{1-y^2}\,dy - \int_{-\epsilon}^{+\epsilon} 2\sqrt{\epsilon^2-y_{11}^2}\,dy_{11}\right|^2 \quad \dots\dots\dots\dots (19)$$

ولتبسيط أجراء التكامل نفرض أن :-

$y = \sin\alpha$ و $y_{11} = \epsilon\sin\beta$

لذلك عندما : $y = 1$ فأن $\alpha = \pi/2$

$y = -1$ فأن $\alpha = -\pi/2$

$y_{11} = \epsilon$ فأن $\beta = \pi/2$

$y_{11} = -\epsilon$ فأن $\beta = -\pi/2$

$\beta = -\pi/2$

$$\therefore\; P.S.F = G_{(0)} = 1 = n.f\left|2\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos^2\alpha\, d\alpha \; 2\epsilon^2\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\cos^2\beta\, d\beta\right|^2$$

$$1 = n.f\left|4\int_0^{\pi/2}\cos^2\alpha\, d\alpha - 4\epsilon^2\int_0^{\pi/2}\cos^2\beta\, d\beta\right|^2$$

$$1 = n.f\,\pi^2(1-\epsilon^2)^2$$

$$\therefore \quad n.f = \frac{1}{\pi^2(1-\epsilon^2)^2} \quad \dots\dots\dots\dots (20)$$

وهذا يطابق نتائج V .N. Mahajan [12] وبتعويض قيمة ($n.f$) من المعادلة (20) في المعادلة (16) نحصل على :

$$P.S.F = G_{(z)}$$

$$= \frac{1}{\pi^2 (1-\epsilon^2)^2} \left| \int_{-1}^{1} \int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} f_{(x,y)} e^{izx} dx dy - \int_{-\epsilon+H\sin\theta}^{+\epsilon+H\sin\theta} \int_{-\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta}^{+\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta} f_{(x_1,y_1)} e^{iz_1x_1} dx_1 dy_1 \right|^2 .(21)$$

وبالتعويض عن قيمة $f_{(x,y)}$ حسب المعادلة (11) بـ $e^{ik\omega(x,y)}$ باعتبار أن $\tau_{(x,y)} = 1$ في المعادلة (21) نحصل على :

$$P.S.F = G_{(z)} = \frac{1}{\pi^2 (1-\epsilon^2)^2} \left| \int_{-1}^{+1} \int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} e^{ik\omega(x,y)} . e^{izx} dx dy - \int_{-\epsilon+H\sin\theta}^{+\epsilon+H\sin\theta} \int_{-\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta}^{+\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta} e^{ik\omega(x,y)} . e^{iz_1x_1} dx_1 dy_1 \right|^2$$

$$P.S.F = G_{(z)} = \frac{1}{\pi^2 (1-\epsilon^2)^2} \left| \int_{-1}^{+1} \int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} e^{i2\pi(\omega(x,y)+zx)} dx dy - \int_{-\epsilon+H\sin\theta}^{+\epsilon+H\sin\theta} \int_{-\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta}^{+\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta} e^{i2\pi(\omega(x,y)+z_1x_1)} dx_1 dy_1 \right|^2 \ldots\ldots(22)$$

حيث عوضنا عن العدد الموجي $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ والأخذ بنظر الاعتبار ان دالة الزيغ تقاس بوحدات الطول الموجي ، وبتبسيط المعادلة (22) ولكون دالة الـ sin دالة فردية نحصل على :

$$P.S.F = G_{(z)} = \frac{1}{\pi^2 (1-\epsilon^2)^2} \left[\left[\int_{-1}^{+1} \int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}} \cos\{2\pi\omega_{(x,y)} + zx\} dx dy \right]^2 - \left[\int_{-\epsilon+H\sin\theta}^{+\epsilon+H\sin\theta} \int_{-\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta}^{+\sqrt{\epsilon^2-(y_1-H\sin\theta)^2}+H\cos\theta} \cos\{2\pi\omega_{(x,y)} + z_1x_1\} dx_1 dy_1 \right]^2 \right] \ldots (23)$$

حيث تم برمجة المعادلة (23) بعد كتابتها بطريقة گاوس العددية ، وباستخدام لغة Q-Basic لحساب قيم(P.S.F) لكل قيمة من قيم (z) ورسمت منحنيات(P.S.F) مقابل z وتم مناقشة النتائج .

النتائج والمناقشة:

من ملاحظة الشكل (2) والذي يمثل منحنى العلاقة بين دالة الانتشار النقطية (P.S.F) على المحور y ، وقيم البعد عن المحور البصري (Z/) ولحالة يكون فيها نسبة الإعاقة صفرا(ε= 0) نلاحظ أن دالة الأنتشار النقطية (P.S.F) قيمتها واحد ، وعندما يكون موقع العائق في المركز والنظام خالي من الزيوغ والخطأ البؤري كانت أعلى قيمة لـ P.S.F هي (0.879) وهذه النتائج تتفق مع النتائج السابقة [15,14]وهذا يؤكد صحة الاشتقاق المستخدم في هذا البحث وصحة البرنامج المستخدم ،وكذلك تتفق نتائج قيم (P.S.F) مع حالات وجود الزيغ الكروي من المرتبة الثالثة (λ 1, λ 0.75 , λ 0.5 ,λ W40=0.25) وتتفق مع الأدبيات[17,16].

من خلال هذا الشكل يتضح أن زيادة قيمة الزيغ الكروي من المرتبة الثالثة يؤدي إلى هبوط في قيم (P.S.F) وعند تحريك العائق الدائري عن المركز وجعله بوضع مماس لمحيط الدائرة الكلية وبزاوية(Θ= 60°) مع المحور x وهذا ما يبينه الشكل (3) ، نجد أن قيمة (P.S.F) في حالة عدم وجود الزيغ الكروي من المرتبة الثالثة تتطابق مع قيمتها عندما يكون العـائق في المركز، وعند إدخال قيم مختلفـة من معاملات الزيـغ الكـروي للرتبة الثالثـة (W40 = 0.25 λ, 0.5 λ , 0.75 λ,1 λ) فان قيم (P.S.F) لهذه الحالات كانت أعلى من قيمها عندما كان العائق في المركز ولنفس قيم معاملات الزيغ الكروي من المرتبة الثالثة . وهذا يدل على أن تحريك العائق قد سبب تحسنا واضحا في قيم (P.S.F) .

لغرض دراسة تأثير زيادة نسبة العائق عن النسبة المستخدمة سابقا(ε= 0.25) تم تغيير نسبة العائق بالمقادير (ε= 0.5,0.75)واجري الحساب لقيم (P.S.F) عندما يكون العائق في المركز و لحالات وجود وعدم وجود الزيغ الكروي

من المرتبة الثالثة وهذا ما تبينه الأشكال (7, 4,5,6) وكانت قيم (P.S.F) أوطأ من قيمتها عندما كان العائق (ε= 0.25) وعندما كان (ε= 0.75) كانت اقل من قيمتها عندما كانت(ε= 0.5) وان تحريك العائق قد سبب زيادة في قيم (P.S.F) عند تلك التي تحتوي على عائق دائري في المركز .

يعود سبب انخفاض في قيم (P.S.F) عند زيادة نسبة العائق إلى ظهور دور الحيود للأشعة الضوئية المارة إلى العدسة و عدم ظهورتأثير دور للزيغ كون الزيوغ يظهر تأثيرها عندما تكون فتحة العدسة كبيرة .

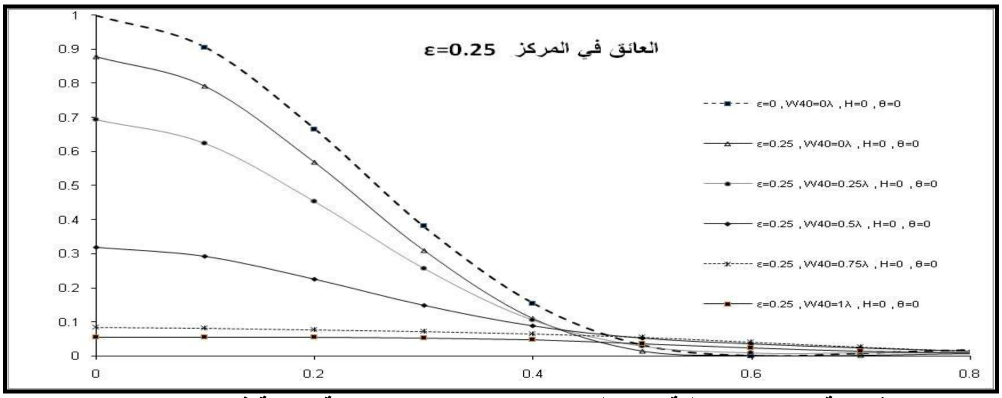
أما سبب تحسن قيم (P.S.F) عند تحريك العائق و وضعه بشكل مماس للدائرة الكبيرة و بزاوية(60°) درجة فهو محافظة الموجة الضوئية المارة في هذه الفتحة على شكها الكروي (تقريبا) بهذا التركيب للفتحة و إن الاضطراب في الطور يكون منخفض نسبيا بعد اجتياز العدسة.

الاستنتاجات:-

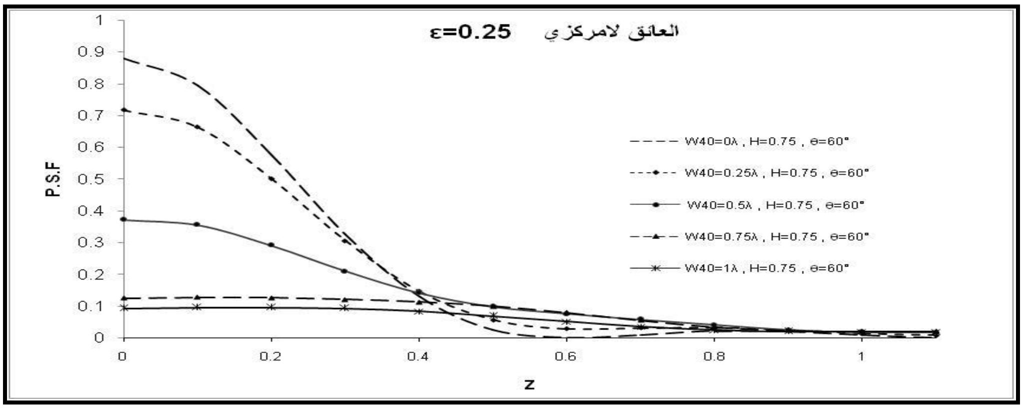
1- عند تحريك العائق بعيدا عن المركز فان قيم دالة الانتشار النقطية (P.S.F) تتحسن بشكل ملحوظ .

2-إن تأثير تحريك العائق بعيدا عن المركز يكون أكثر وضوحا و يؤدي بالتالي إلى تحسين قيم دالة الانتشار النقطية (P.S.F) كلما ازدادت نسبة الإعاقة .

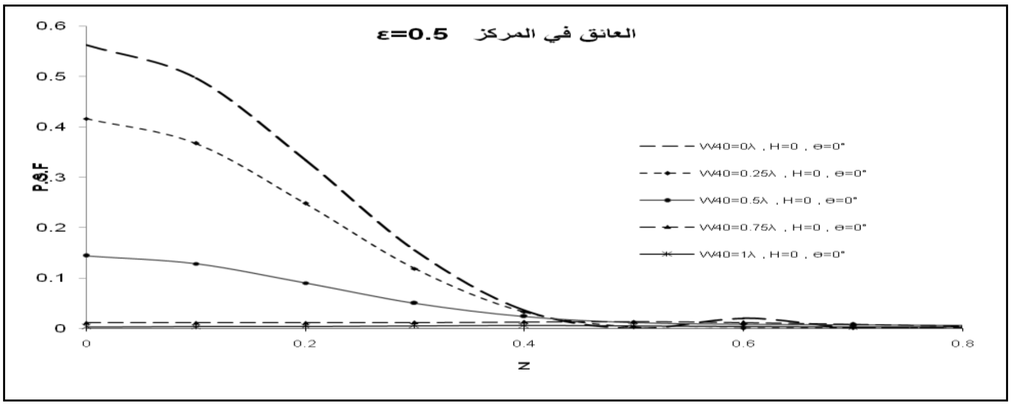
3-يكون تأثير تحريك العائق بعيدا عن المركز ذو أهمية واضحة كلما ازداد مقدار الزيغ و يؤدي إلى تحسين قيم دالة الانتشار النقطية (P.S.F) .



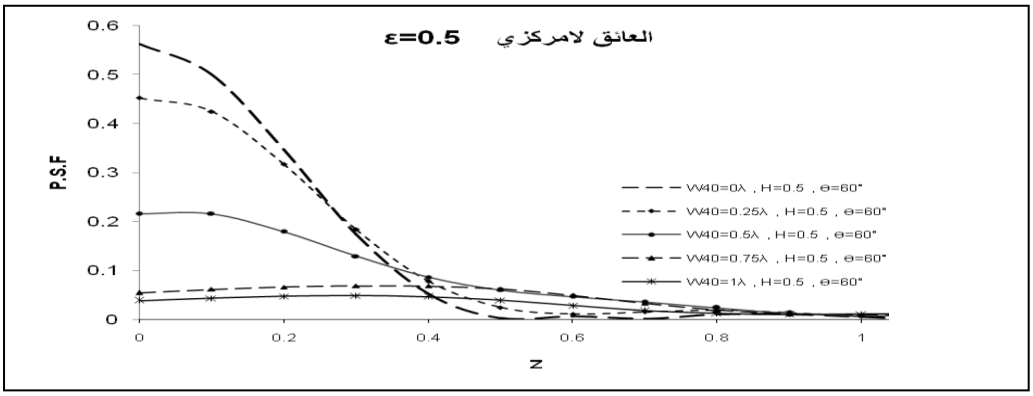
شكل (2) يمثل دالة الانتشار النقطية على طول المحور البصري Z لفتحة دائرية ذات عائق مركزي 0.25=ε لقيم مختلفة من الزيوغ



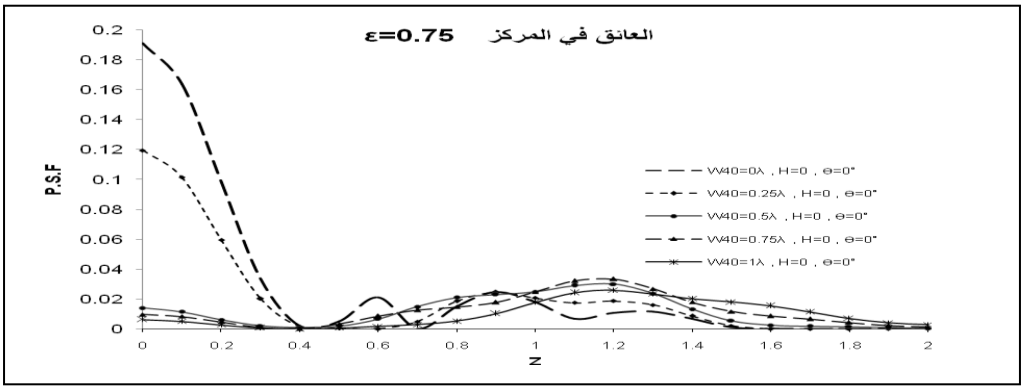
شكل (3) يمثل دالة الانتشار النقطية على طول المحور البصري Z لفتحة دائرية ذات عائق لامركزي 0.25 =ε لقيم مختلفة من الزيوغ



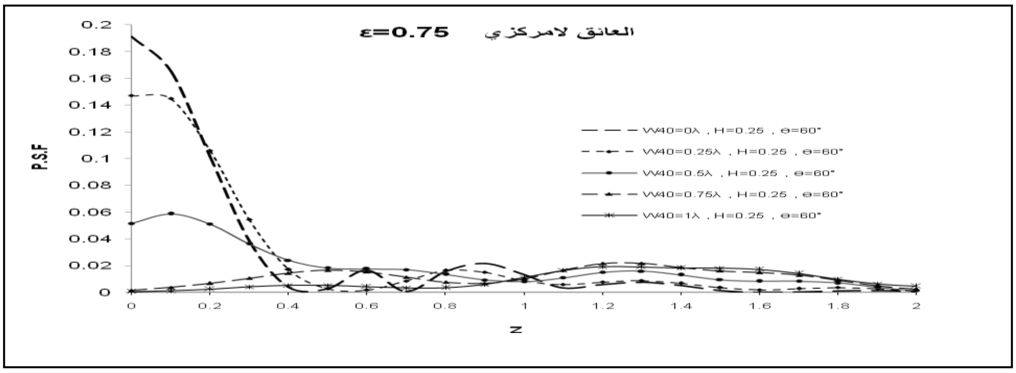
شكل (4) تمثل دالة الانتشار النقطية على طول المحور البصري Z لفتحة دائرية ذات عائق مركزي ε= 0.5 لقيم مختلفة من الزيوغ



شكل (5) تمثل دالة الانتشار النقطية على طول المحور البصري Z لفتحة دائرية ذات عائق لامركزي ε= 0.5 لقيم مختلفة من الزيوغ



شكل (6) تمثل دالة الانتشار النقطية على طول المحور البصري Z لفتحة دائرية ذات عائق مركزي ε= 0.75 لقيم مختلفة من الزيوغ



شكل (7) تمثل دالة الانتشار النقطية على طول المحور البصري Z لفتحة دائرية ذات عائق لامركزي ε= 0.75 لقيم مختلفة من الزيو

المصادر:

1. Hecht E. 1987 Optics , 2nd Edition, Addison–Wesley publishing Company, pp.198 .
2. Miks A., Novak J. and Novak P.2008. Method of zoom lens design. Applied optics. 47 (32):6088-6098
3. Zhao C. and Burge J.H.2002.Comparison of exact pupil astigmatism condition with Seidel approximations. Applied Optics. 41(34):7284-7287.
4. Dietze H.H. and Cox J.M.2004. Correcting ocular spherical aberration with soft contact lenses. J.Opt.Soc.Am. A 21(4):473-485 .
5. Powell I . 1973. The computation of Aberrational Diffraction Images for catadioptric systems. . Optical Acta . 20(11):879-900.
6. Ojeda J., Tepichin E. and Pons A. 1988.Apodization of annular apertures Applied optics.27(24) :5140-5145.
7. Tschunko H. F.A. 2004. Annular Apertures with High Obstruction. Applied Optics.43(4):841-849
8. Claxton C.D. and Staunton R. C. 2008. Measurement of the Point Spread Function of a noisy imaging system. J. Opt. Soc. Am. A 25(1):108-115
9. Shaevitz J. W. and Fletcher D.A. 2007.Enhanced three – dimensional deconvolution microscopy using a measured depth-varying point spread function. J.Opt.Soc.Am. A 24(9):2622-2627
10. Vasudevan L. and Maria L. 1990 .Point spread function and modulation transfer function of a photo lens treated as a cascade linear system under the Fresnel regime . Optical Engineering.29 (3):263-270
11. Gai H.,Wang J.,Tian Q.,Xia W. and Xu X. 2007. Experimental investigation of the performance of an annular aperture and circular aperture on the same very small aperture . Applied Optics 46(25):6449-6453
12. Mahajan V .N. 1983. Axial irradiance and optimum focusing of laser beams .App. opt. 22 (19):3042-3053.
13. Novotng L. and Hecht B. 2006. principles of Nano-optics .Cambridge press, pp.139 .
14. ال شعبان ,غادة صباح . 2001 . حساب الاستضاءة الكلية في صورة جسم نقطي ,أطروحة دكتوراه, الجامعة المستنصرية
15. Ali H. Abdul-Munaim . 1997. Numerical Evaluation of lenses Quality for incoherent source using computer software. Ph. D. thesis .Almustansiriyh University.
16. Biswas S.C. and Boivin A. 1976 .Influence of spherical Aberration on the performance of optimum Apodizers . Optical Acta. 23 (7):569-588.
17. Levin C.S. , Tornai M.P. , Cherry S.R. and Macdonald L.R. 1997.Numerical Aperture limits on Efficient Ball lens coupling of laser diodes to single mode Fibers with Defocus to Balance spherical Aberration . Korean J. Physical Soc

Study of effect of non-central obscuration to obscured circular aperture on third order spherical aberration

*Adnan falih hassen** *Munther bakir hessen**

*Talib abdul rudha abdul wahid**

*University of kufa/College of sciences/Physics dep.

Abstract:
In this research we have been studied the 3rd order spherical aberration for an optical system consisted of obscured circular aperture with non central circular obscuration through the calculation of point spread function (P.S.F) in presence of the obscuration in the center and comparing the obtained results with that results of moving obscuration far away from the center, where the results showed significant improvement for(P.S.F) value. The study was done of different obscurities ratios in addition to the different 3rd order spherical aberration values (W_{40}=0.25λ,0.5λ,0.75λ,1λ).