دراسة صورة جسم خطي لنظام بصري يحتوي فلتر كاوسي باستخدام فتحات مختلفة

أزهر عبد الزهرة رحيم **فاضل خدام فليفل** **سمير حسن هادي**

كلية العلوم –جامعة كربلاء كلية الطب –جامعة بابل

الخلاصة

في هذا البحث تم دراسة تأثير المرشح الكاوسي ذي معامل الانحراف المعياري (a) لقيم مختلفة (a=0.2,0.4,0.6,0.8,1) على دالة الانتشار الخطية (Line Spread Function) لنظام بصري محدد بالحيود أو يحتوي على خطأ بؤري مقداره (W20=0.25 λ,0.75λ ,0.5 λ) , بينت النتائج إن القيم الدنيا من معامل الانحراف المعياري للمرشح الكاوسي تؤدي إلى زيادة الشدة في الصورة المتكونة وتقلل من تأثير الزيوغ على توزيع الشدة في مستوى الصورة , أيضا تم دراسة تأثير شكل الفتحة على الصورة المتكونة لنظام بصري يحتوي على مرشح كاوسي , وقد اعتمدت الفتحات (الدائرية,المربعة,المثلثة) , وأعطت الفتحة المربعة صورة هي الأفضل من حيث توزيع الشدة وقدرة التحليل في النظام المثالي أو الذي يحتوي على خطأ بؤري (W20=0.25 λ) (باعتبار أن الدالة معيرة لأي مدى من الأطوال الموجية وحسب المركبة البصرية ونوع الاستخدام) وكانت الفتحة الدائرية أفضل من حيث الشدة عند مراتب الزيوغ العالية من الفتحات الأخرى.

Abstract

In this research , the effect of Gaussian spatial filter which has coefficient of normative deviation (a) in different value (a=0.2,0.4,0.6,0.8,1) has been studied on line spread function (LSF) for the ideal optical system or contain focus error (W_{20}=0.25λ,0.5λ,0.75λ), The results have been showed that the lower value of coefficient of normative deviation for Gaussian spatial filter leads to increase the intensity in the formed image and The aberrations has small effect on the distribution of the intensity in the image plane , also the effect of aperture shape has been studied on the formed image for the system contains Gaussian spatial filter, the aperture is used in different shapes (circle ,square, triangle),the results showed that the square aperture give the best intensity distribution and resolution from the other at the perfect system or system contain focus error (W_{20}=0.25λ) (considering the function normalized at any range of wave length depending on the optical component and type of the using) and the circle aperture give the best intensity in the image from the other at the high degree of aberration.

المقدمة

إن الصورة المتكونة في الأنظمة البصرية أصبحت اليوم مصححة تقريباً من الزيوغ ذات المراتب العالية ، لكن مهما تم تقليل الزيوغ من النظام البصري فلا يمكن إنتاج صورة مثالية (Ideal Image) مطابقة تماماً لأبعاد الجسم، وذلك بسبب الطبيعة الموجية للضوء أي ما يعرف بالحيود (Diffraction) والذي غالبا ما يتأثر بعوامل عدة منها الإضاءة المستخدمة ، وشكل الجسم (نقطي، خطي، الخ ...)، وشكل الفتحة المستخدمة . [Novotng & Hecht, 2006]

إن تقييم نوعية الصورة التي يكونها النظام البصري يعتمد على العديد من العوامل المهمة والتي منها قياس دالة الانتشار(النقطية, الخطية, الحافة) [Smarcos et al,1998] والتي تمثل وصفاً لتوزيع الشدة في مستوى الصورة للجسم وتعتمد دالة الانتشار على الحيود المتولد بواسطة فتحة العدسة وعلى نوع الزيوغ وكميتها في النظام البصري.

لقد اهتم العلماء والباحثون بدراسة الشدة في الصورة المتكونة في المنظومة البصرية وإيجاد الطرق والوسائل التي تعمل على تحسين هذه الصورة وتحديد كفاءة النظام البصري من خلال تعيين جودة الصورة التي يكونها هذا النظام, فقد قام الباحث (Alqazaz) [Alqazaz ,1995] بدراسة توزيع الشدة في صورة جسم خطي

لنظـام باسـتخدام فتحـة مربعـة معاقـة , واسـتعمل (Aljenaby) [Aljenaby.S.M,1999] إضـاءة متشـاكهة لحساب توزيع الشدة في مستوى الصورة لجسم خطي بوجود الزيغ الكروي والهالي ,كذلك جرت أعمال كثيرة في مجـــال تحســـين الصـــورة باســـتخدام مرشـــحات مختلفـــة ففـــي هـــذا المجـــال قـــام (O'Neil) [O'neill.,1956] بـأجراء أبحاثـه علـى المرشـحات التـي تسـتخدم الضـوء المتشـاكه ، أمـا الباحـث (RAO) [RAO. BRM,1993] فقد درس تأثير شكل المرشحات (شكل نفوذية الفتحة) على دالة توزيع الحافة (ESF) (Edge Spread Function) ، وقد بين(Tschanko) [Tschunko,1983] كيف أن المرشـحات (Apodizers) مـع نسـب مختلفـة للحجـب المركـزي لفتحـة العدسـة الحلقيـة يمكـن أن تعـدل مـن قيمـة الشـدة فـي مستوى الصـورة، ولاحـظ (Aljubury) [Aljubury,2008] إن اسـتخدام المرشـح الكاوسـي لنظـام بصـري ذي فتحة دائرية مركبة يساهم في التقليل من القمم الثانوية أي تقليل الضوضاء في الصورة.

اشتقاق معادلة دالة الانتشار الخطي لنظام بصري يحتوي على مرشح كاوسي:

لحساب الشدة في مستوى الصورة لمصدر خطي غير متشاكه ، نفرض أن لدينا نظاماً بصرياً يكون صورة لمصدر خطي، وكما هو معروف إن المصدر الخطي هو عبارة عن عدد من المصادر النقطية المضيئة المرتبة جنباً إلى جنب على شكل خط مكونة الجسم الخطي[Alqazaz.H.H,1995], لذلك يتوجب أولا معرفة توزيع السعة المعقدة لنقطـة مـن الجسم الخطـي تقـع عند الإحداثيات (u,v) في مستوى الصورة باستعمال تحويلات فورير وحسب العلاقة الآتية [Born ,M.,Wolf,E,1984]:

$$F(u,v)=\int_{y}\int_{x} f(x,y)\cdot e^{i2\pi(ux+vy)}dxdy.....(1)$$

حيث (x,y) هـي إحداثيات بؤبـؤ الإدخـال للنظـام البصـري , وان f(x,y) هـي دالـة البؤبـؤ والتـي يمكـن كتابتهـا بالشكل الأتي:

$$f(x,y)=\tau(x,y)\cdot e^{ikW(x,y)}.....(2)$$

حيث k : العدد الموجي (Wave number) والـذي يسـاوي($\lambda/\pi 2$) , λ : تمثـل الطـول الموجي للضـوء المستخدم، تمثـل $\tau(x,y)$: توزيـع السعة الحقيقية عند بؤبؤ الإخراج ويطلق عليها مصطلح شفافية البؤبؤ أو دالـة النفوذيـة وتأخذ قيم مختلفة حسب الحالـة التـي استخدمت من اجلها، أمـا الحد الآخـر من المعادلـة فيمثل متسلسلة الزيوغ وتساوي :

$$W(x',y')=w_{20}(x^2+y^2)+w_{40}(x^2+y^2)^2+.....$$

وبما إن السعة المعقدة لجسم خطي هي مجموع السعات المعقدة الناتجة من جميع نقاط الجسم , لذلك فان السعة المعقدة للجسم الخطي والتي اشتقت من قبل (Ahmed) [Ahmed Q.K.,1977] تكتب بالشكل الأتي:

$$L(u,v)=\int_{v} G(u,v)dv.....(3)$$

حيث G(u,v) الشدة في دالـة الانتشار النقطية والتي يمكن التعبير عنها بدلالـة السعة المعقدة وذلك من خـلال ضرب الدالة F(u,v) بالمرافق المعقد لها F*(u,v) أي:

$$G(u,v)=\left|F(u,v)\right|^2=F(u,v)\cdot F^*(u,v).....(4)$$

وعليه يمكن التعبير عن دالة الانتشار الخطية باستخدام المعادلتين(1و3) [Ahmed Q.K.,1977]:

$$L(u,v)=\int_v\left|\int_y\int_x f(x,y)\cdot e^{i2\pi(ux+vy)}dxdy\right|^2 dv.....(5)$$

وبالاستعانة بالمعادلة(4) يمكن كتابة المعادلة (5) على النحو الأتي:

$$L(u,v)=\int_v\int_y\int_x\int_{y_1}\int_{x_1} f(x,y)f(x,y)^* e^{i2\pi(ux+vy)}e^{-i2\pi(ux_1+vy_1)}dx_1dy_1dxdydv.....(6)$$

وبعد إعادة ترتيب المعادلة (6) يمكن كتابتها بالشكل الأتي:

$$L(u,v)=\int_y\int_x\int_{y_1}\int_{x_1} f(x,y)f(x,y)^* e^{i2\pi(ux+vy)}e^{-i2\pi(ux_1+vy_1)}dx_1dy_1dxdy\int_v e^{i2\pi v(y+y_1)}dv.....(7)$$

ومن متطابقات (Dfrac-delta function)[J.D.Gaskill,1970]:

$$\int_v e^{i2\pi v(y+y_1)}dv=\delta(y-y_1).....(8)$$

لذا يمكن كتابة المعادلة(7) بالشكل الأتي :

$$L(u,v)=\int_y\int_{x_1}\int_x f(x,y)e^{i2\pi(ux+vy)}e^{-i2\pi(ux+vy)}dxdx_1dy\int_{y_1} f(x,y)^*\delta(y-y_1)dy_1.....(9)$$

وحيث إن الالتفاف للدالة $f(x,y)^*\delta(y-y_1)$ يعطى كالأتي [J.D.Gaskill,1970]:

$$\int_{y_1} f(x,y)^*\delta(y-y_1)dy_1=f(x_1,y)^*.....(10)$$

لذا يمكن كتابة المعادلة(9) بالشكل الأتي:

$$L(u,v)=\int_y\int_{x_1}\int_x f(x,y)f(x_1,y)^* e^{i2\pi(ux+vy)}e^{-i2\pi(ux+vy)}dxdx_1dy.....(11)$$

وبفرض $(z=2\pi u, m=2\pi v)$ وبما إن توزيع الشدة على كل من المحورين (x,m) متشابه لذا يمكن الاكتفاء بمحور واحد في مستوى الصورة (أي يمكن وضع m=0) وبذلك تكون المعادلة (11) بالشكل الآتي[Born ,M.,Wolf,E,1984]:

$$L(z)=\int_y\left|\int_x f(x,y)e^{izx}dx\int_{x_1} f(x_1,y)^* e^{izx_1}dx_1\right|dy.....(12)$$

أو:

$$L(z)=N\int_y\left|\int_x f(x,y)e^{izx}dx\right|^2 dy.....(13)$$

حيث (N): يمثل ثابت المعايرة للدالة ويحسب من جعل(L(0)=1) للنظام المحدد بالحيود , ويمكن التعبير عن(f(x,y)) باستخدام المعادلة (2) حيث تمثل قيمة $\tau(x,y)$:المرشح الكاوسي المحدد للشعاع الداخل للمنظومة البصرية وان معادلته هي [Gary Bishop and Greg Welch,,2001] :

$$\tau(x,y)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}.....(14)$$

حيث (a): يمثل معامل الانحراف المعياري لدالة المرشح الكاوسي, وبذلك يمكن كتابة المعادلة(13) بالشكل الأتي :

$$L(z)=N\int_y\left|\int_x\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}e^{ikW(x',y')}dx\right|^2dy.....(15)$$

إن حدود التكامل بالنسبة لمعادلة دالة الانتشار الخطية تعطى من خلال حدود فتحة النظام البصري, وفي هذا البحث تم اختيار الفتحات التالية:

1- معادلة دالة الانتشار الخطية للفتحة الدائرية:

إن الاستعمال الشائع للفتحة الدائرية في الأجهزة البصرية أعطى لها الأفضلية من حيث المقارنة مع الفتحات الأخرى, إن حدود المعادلة(15) تعرف من خلال فتحة البؤبؤ الدائرية ذات المساحة المعيرة (π) ونصف قطر (1) بالشكل الأتي :

$$L(z)=N\int_{-1}^{1}\left|\int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}e^{ikW(x',y')}dx\right|^2dy.....(16)$$

ويمكن تحويل دالة الأس إلى الدوال المثلثية بالشكل الآتي :

$$L(z)=N\int_{-1}^{1}\left|\int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}\left[\cos(kW(x,y)+z'x)+i\sin(kW(x,y)+z'x)\right]dx\right|^2dy.....(17)$$

وإذا كانت المنظومة خالية من الزيغ الكروي وعند إزاحة مستوى البؤرة المحورية إلى مستوى بؤري آخر فأن معادلة الزيغ الكروي تعطى بدلالة الخطأ البؤري أي وبالتعويض عن $W_{20}(x^2+y^2)$ قيمة العدد الموجي , والآخذ بنظر الاعتبار إن دالة الزيغ تقاس بوحدات الطول الموجي فأن المعادلة (17) تصبح بالشكل:

$$L(z)=N\int_{-1}^{1}\left\{\begin{array}{l}\left|\int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}\left[\cos(2\pi W_{20}(x^2+y^2)+z'x)\right]dx\right|^2+\\ \left|\int_{-\sqrt{1-y^2}}^{\sqrt{1-y^2}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}\left[\sin(kW_{20}(x^2+y^2)+z'x)\right]dx\right|^2\end{array}\right\}dy.....(18)$$

2-معادلة دالة الانتشار الخطية للفتحة المربعة:

إن حدود الفتحة المربعة تعرف من خلال فتحة البؤبؤ المربعة ذات المساحة المعيرة (π) وطول ضلع مقـــــداره $(\sqrt{\pi})$ وعلى أساس ذلك فأن المعادلة(15) ستكون بالنسبة لنظام بصري يحتوي على خطأ بؤري بفتحة إدخال مربعة بالشكل الأتي :

$$L(z)=N\int_{-\frac{1}{2}\sqrt{\pi}}^{\frac{1}{2}\sqrt{\pi}}\left\{\begin{array}{l}\left|\int_{-\frac{1}{2}\sqrt{\pi}}^{\frac{1}{2}\sqrt{\pi}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}\left[\cos(2\pi W_{20}(x^2+y^2)+z'x)\right]dx\right|^2+\\ \left|\int_{-\frac{1}{2}\sqrt{\pi}}^{\frac{1}{2}\sqrt{\pi}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-(\frac{x^2+y^2}{2a^2})}\left[\sin(kW_{20}(x^2+y^2)+z'x)\right]dx\right|^2\end{array}\right\}dy.....(19)$$

3- معادلة دالة الانتشار الخطية للفتحة المثلثة:

إن حدود الفتحة المثلثة تعرف من خلال فتحة البؤبؤ المثلثة متساوية الأضلاع ذات المساحة المعيرة (π) وطول الضلع الأفقي (2x) والمسافة من منتصف القاعدة إلى الرأس هي(2y) وعلى أساس ذلك فأن مساحة المثلث :

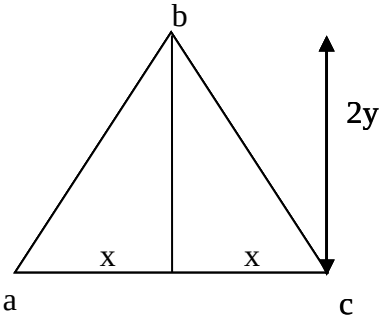
$A=2xy=\pi$

وبما إن الفتحة المثلثة المأخوذة في البحث متساوية الأضلاع لذلك فان زوايا المثلث تكون متساوية (60^o) :

$$\tan(\theta)=\frac{2y}{x}=\tan(60)=\sqrt{3}\Rightarrow y=\frac{\sqrt{3}}{2}x$$

$$\because A=2yx=\pi\Rightarrow x=\frac{\pi}{2y}$$

$$\therefore y=\pm 1.16634$$



ومن معادلة الخط(ab) ستكون حدود التكامل:

$$y=1.16634,$$

$$x=\frac{y-1.16637}{\sqrt{3}}$$

وبذلك فأن معادلة دالة الانتشار الخطية لنظام بصري بفتحة مثلثة يحتوي على خطأ بؤري هي :

$$L(z)=N\int_{-1.16634}^{1.16637}\left\{\left|\int_{-\frac{y-1.16637}{\sqrt{3}}}^{\frac{y-1.16637}{\sqrt{3}}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-\left(\frac{x^2+y^2}{2a^2}\right)}\left[\cos(2\pi W_{20}(x^2+y^2)+z'x)\right]dx\right|^2+\left|\int_{-\frac{y-1.16637}{\sqrt{3}}}^{\frac{y-1.16637}{\sqrt{3}}}\frac{1}{\sqrt{2\pi}a}e^{-\left(\frac{x^2+y^2}{2a^2}\right)}\left[\sin(kW_{20}(x^2+y^2)+z'x)\right]dx\right|^2\right\}dy.....(20)$$

النتائج والمناقشة Results and Discussion

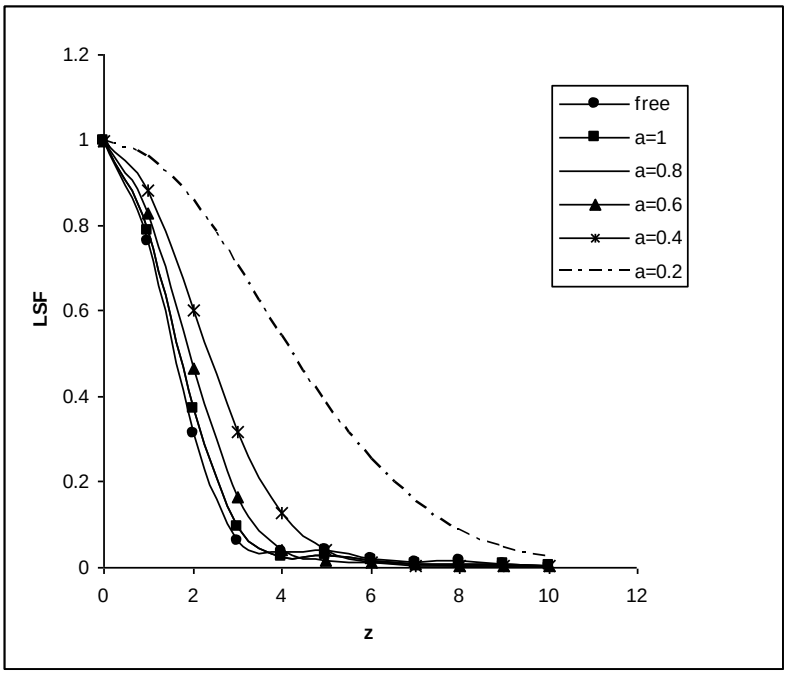
استخدم البرنامج (MathCAD) لحل المعادلات (18,19,20) لدراسة تأثير معامل الانحراف المعياري (a) للمرشح الكاوسي بقيم معينة (a=,0.2,0.4,0.6,0.8,1) على دالة الانتشار الخطية (LSF) لنظام بصري مثالي أو يحتوي على قيم مختلفة من الخطأ البؤري (W_{20}=0.25λ,0.5λ,0.75λ) , أيضا تم دراسة تأثير شكل الفتحة على نظام بصري بفتحات مختلفة (دائرية , مربعة , مثلثة) وبوجود المرشح الكاوسي .

من خلال ملاحظة الإشكال (1,2,3) التي رسمت بها دالة الانتشار الخطية (LSF) مع المحور البصري (z) للفتحة الدائرية و المربعة والمثلثة لنظام بصري مثالي يحتوي على مرشح كاوسي ولقيم مختلفة من معامل الانحراف المعياري لذلك المرشح ، تبين إن دالة (LSF) عند عدم وجود مرشح كاوسي هي دالة عيارية وان أقصى قيمة للشدة فيها كانت (1) ولكن عند استخدام المرشح الكاوسي بمعامل انحراف (a=1) فان عرض المنحني للدالة يصبح اكبر من الحالة التي لايتم فيها استخدام المرشح الكاوسي, وعند تقليل معامل الانحراف للمرشح إلى (a=0.8) فأن المنحني يزداد عرضاً, وتستمر نفس الحالة بالنسبة لقيم (0.6,0.4,0.2) لمعامل الانحراف للمرشح , ويلاحظ إن القيم العليا للقمم الثانوية قد قلت كلما ازدادت قيمة (a) , ومن هذا نستنتج إن المرشح الكاوسي يؤثر ايجابياً على النظام البصري المحدد بالحيود من حيث تقليل الضوضاء والتشويش في مستوى الصورة من خلال توهين القمم الثانوية فيها , ويؤثر سلباً على قدرة التحليل للنظام البصري بسبب زيادة عرض المنحني للشدة المركزية في الصورة , لذلك يفضل عدم استخدام هذه التقنية في الأنظمة البصرية المثالية التي يتطلب استخدامها قدرة تحليل عالية ويفضل استخدامها في الأنظمة البصرية التي تحتاج إلى زيادة نقاوة الصورة وزيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء في الصورة.

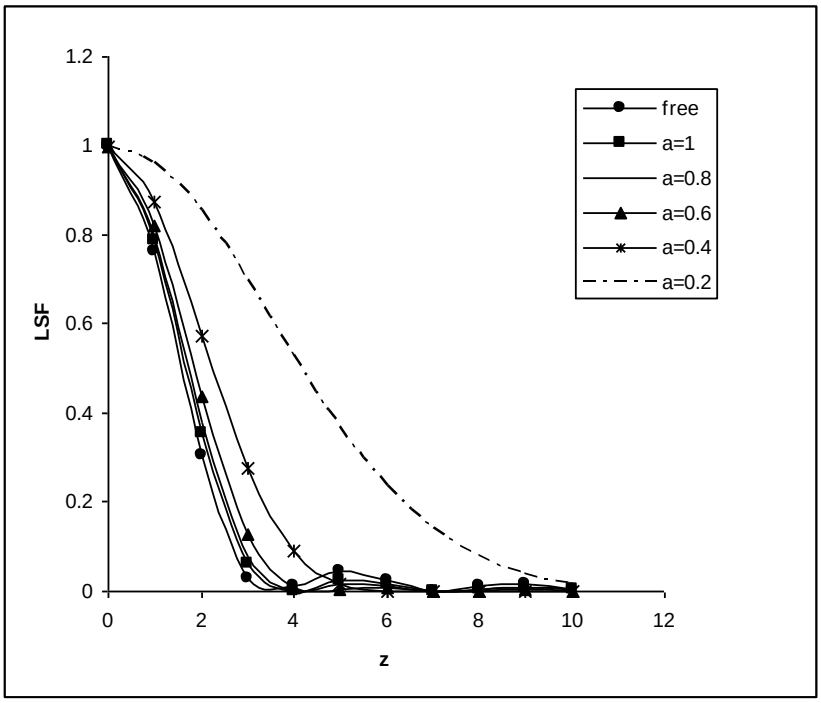
إن التقليل من معامل الانحراف المعياري للمرشح الكاوسي في الأنظمة البصرية التي تحتوي على خطأ بؤري يؤدي إلى زيادة الشدة في الصورة وكما مبين في الأشكال (4,5,6) التي تمثل دالة الانتشار الخطية لنظام بصري يحتوي خطأ بؤري ($W_{20}=0.25\lambda$) وبفتحات مختلفة , حيث إن الخطأ البؤري ($W_{20}=0.25\lambda$) يؤثر على قيمة الشدة للنظام البصري بحيث تصبح (0.86056) بالنسبة للفتحة الدائرية و(0.87232) للفتحة المربعة و(0.74492) للفتحة المثلثة للنظام الذي لايحتوي على مرشح كاوسي , أما عند إدخال تقنية المرشح الكاوسي فأن الشدة تزداد كلما قل معامل الانحراف المعياري (a) للمرشح بحيث يلاحظ إن قيمتها تصبح (0.87631) عندما (a=1) وتصل حتى (0.99289) عندما (a=0.2) بالنسبة للفتحة الدائرية , وهكذا بالنسبة للفتحات الأخرى (المربعة,المثلثة) ولكن تكون الزيادة في الشدة بنسب مختلفة حسب الفتحة ومن خلال الأشكال (7,8,9) يتضح إن تقليل معامل الانحراف المعياري (a) للمرشح الكاوسي يؤدي أيضا إلى زيادة قيمة الشدة في الصورة لنظام بصري يحتوي على خطا بؤري ($W_{20}=0.5\lambda$), حيث إن الشدة للصورة تصل إلى (0.55325) عند عدم وجود مرشح كاوسي للفتحة الدائرية بينما تصبح (0.59976) عندما (a=1) وتصل إلى (0.97243) عند (a=0.2) وباقي الحالات تقع بين الشدتين المشار إليهما أعلاه والتي لايختلف الحال فيها عن الفتحة المربعة والمثلثة والتي تصل الشدة فيهما إلى (0.57016) و(0.39109) على التوالي عند عدم وجود مرشح كاوسي لنظام بصري يحتوي على خطا بؤري ($W_{20}=0.5\lambda$) وتصل إلى (0.96987) للفتحة المربعة و(0.97563) للفتحة المثلثة عند وجود مرشح كاوسي في النظام بمعامل انحراف (a=0.2).أما القيم العليا من الخطأ البؤري ($W_{20}=0.75\lambda$) فأن تأثيرها يكون واضحاً على قيمة الشدة المركزية في مستوى الصورة بحيث تصبح قيمة الشدة (0.29088)عند عدم وجود مرشح كاوسي بالنسبة للفتحة الدائرية و(0.26992) و(0.2639) للفتحة المربعة والمثلثة على التوالي, وعند إدخال مرشح كاوسي على النظام البصري الحاوي على خطأ بؤري ($W_{20}=0.75\lambda$) نجد انه يعمل على زيادة الشدة في القمة المركزية في مستوى الصورة كلما قل معامل الانحراف المعياري له حيث تصل قيمة الشدة إلى (0.94091) و(0.93575) و(0.94773) للفتحة الدائرية والمربعة والمثلثة على التوالي عند وجود مرشح كاوسي في النظام البصري بمعامل انحراف (a=0.2) وهو مبين في الأشكال (10,11,12) .

إن زيادة الشدة في النظام البصري الذي يحتوي على خطأ بؤري هو محصلة جيدة لإنتاج صورة أكثر وضوح ونظام بصري ذي عمق مجال اكبر, ولكن اندفاع المنحني بعيداً عن المحور العمودي في الأشكال السابقة يوضح أن المرشح الكاوسي قد اثر سلباً على قدرة التحليل للنظام البصري لذلك سوف يتم اختيار مرشح كاوسي ذي معامل انحراف معياري من بين الحالات المدروسة في هذا البحث بحيث يتم إيجاد حالة توازن بين الشدة وقدرة التحليل في النظام البصري الذي يحتوي على مرشح كاوسي , ومن ملاحظة الأشكال السابقة لكل حالات وجود أو عدم وجود خطأ بؤري في النظام فقد تبين إن المرشح الكاوسي الذي معامل الانحراف له (a=0.4) هو أفضل من باقي الحالات من حيث المحافظة على قيمة شدة عالية نسبياً للصورة بحيث يمكن تمييزها عن الشدة في حالة عدم وجود مرشح كاوسي في النظام البصري وكذلك يعمل هذا المرشح على جعل النظام ذي قدرة تحليل جيدة نسبة إلى باقي الحالات المأخوذة في هذا البحث.

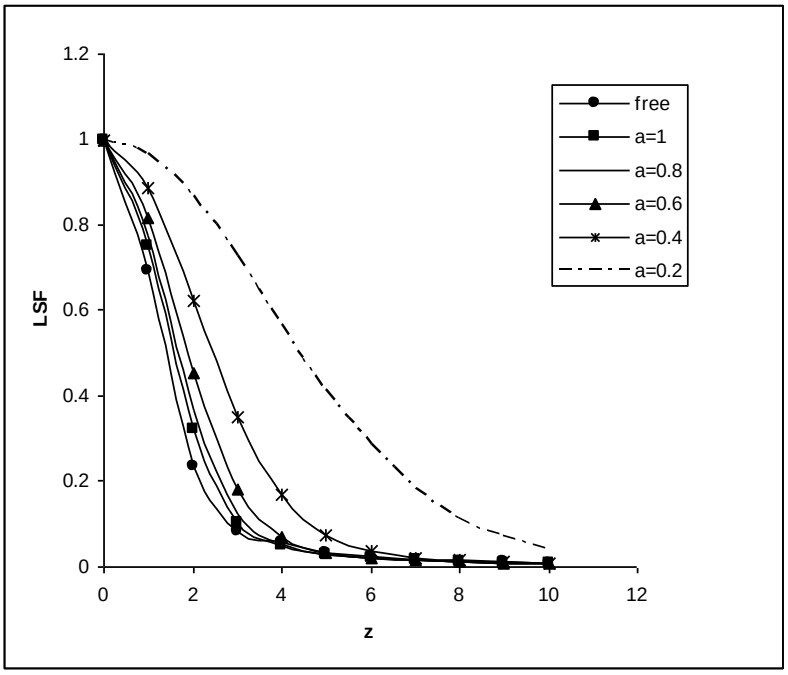
في الأشكال(16,15,14,13) تم المقارنة بين الأنظمة البصرية لفتحات مختلفة لنظام بصري يحتوي على مرشح كاوسي ذي معامل انحراف (a=0.4) لنظام مثالي وآخر يحتوي على خطا بؤري, وتبين بعد الأخذ بالاعتبار حالة التوازن بين الشدة وعرض المنحني للدالة إن الفتحة المربعة هي أفضل من باقي الفتحات للنظام البصري المحدد بالحيود أو الذي يحتوي على خطا بؤري بمقدار ($W_{20}=0.25\lambda$) لأنها تعطي قيمة شدة للصورة أفضل وهذا يؤدي إلى زيادة العمق البؤري للنظام البصري والذي يولد بالتالي تطابقاً اكبر مع النسبة المسموح بها للخطأ البؤري في النظام البصري(نسبة ستريل) وتؤدي أيضا إلى التقليل من عرض النصف للمنحني وهذا يعمل على تركيز الشدة في الدالة وبالتالي يؤدي إلى زيادة قدرة التحليل للنظام البصري, أما عند وجود خطا بؤري ($W_{20}=0.75\lambda$و$W_{20}=0.5\lambda$) فإن الفتحة المربعة هي أفضل من باقي الفتحات من حيث قدرة التحليل فقط وان الفتحة الدائرية أفضل من باقي الفتحات من حيث قيمة الشدة في مستوي الصورة .



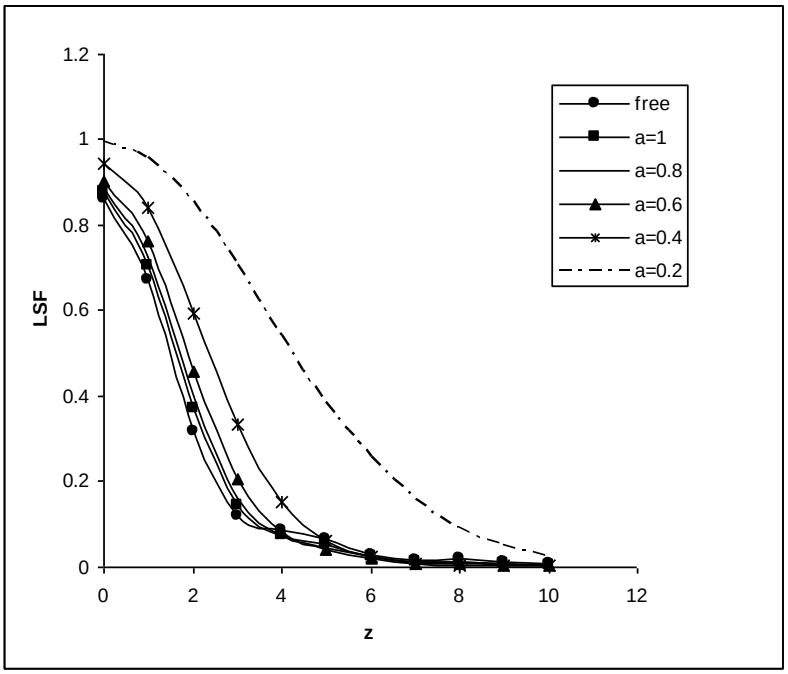
الشكل(1) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام محدد بالحيود بفتحة دائرية.



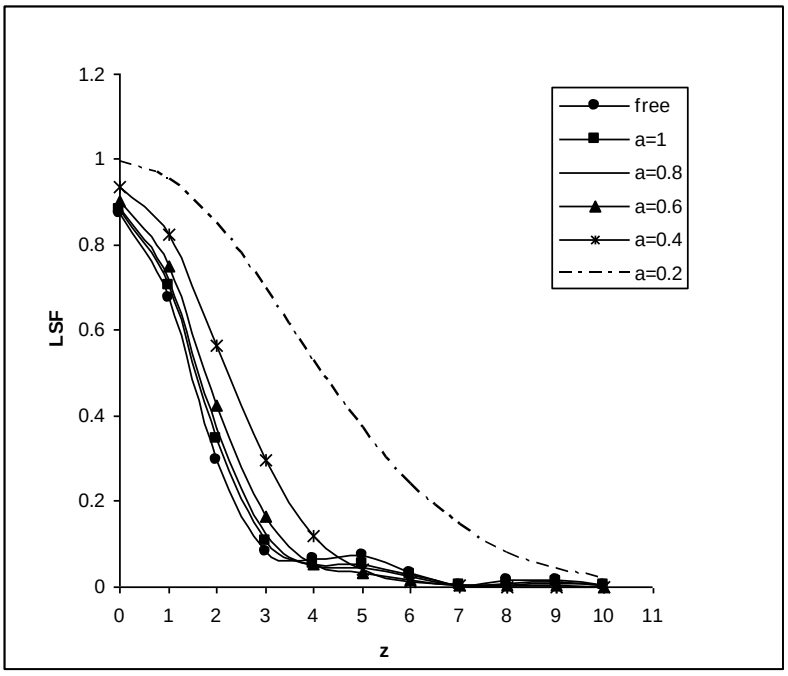
الشكل(2) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام محدد بالحيود بفتحة مربعة.



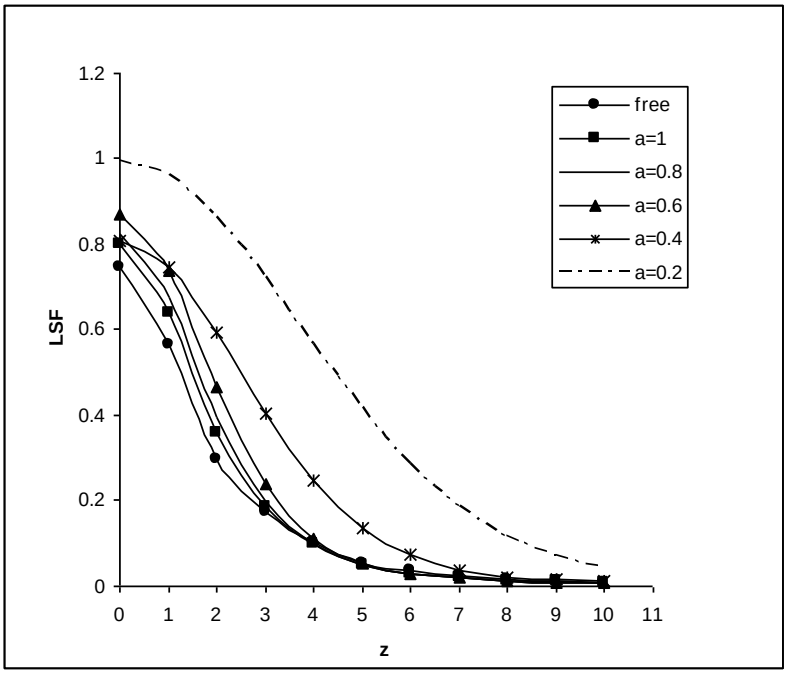
الشكل(3) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام محدد بالحيود بفتحة مثلثة.



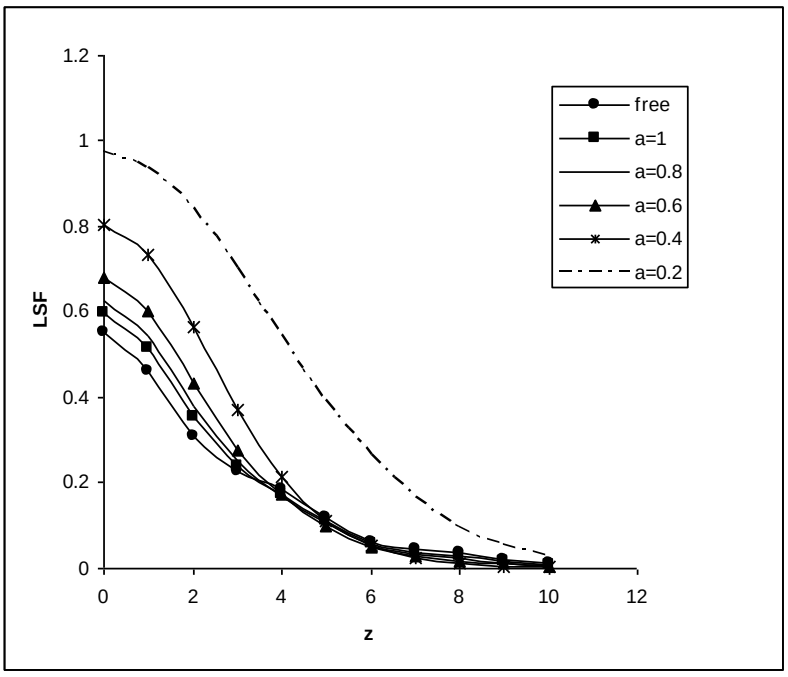
شكل(4) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.25) بفتحة دائرية.



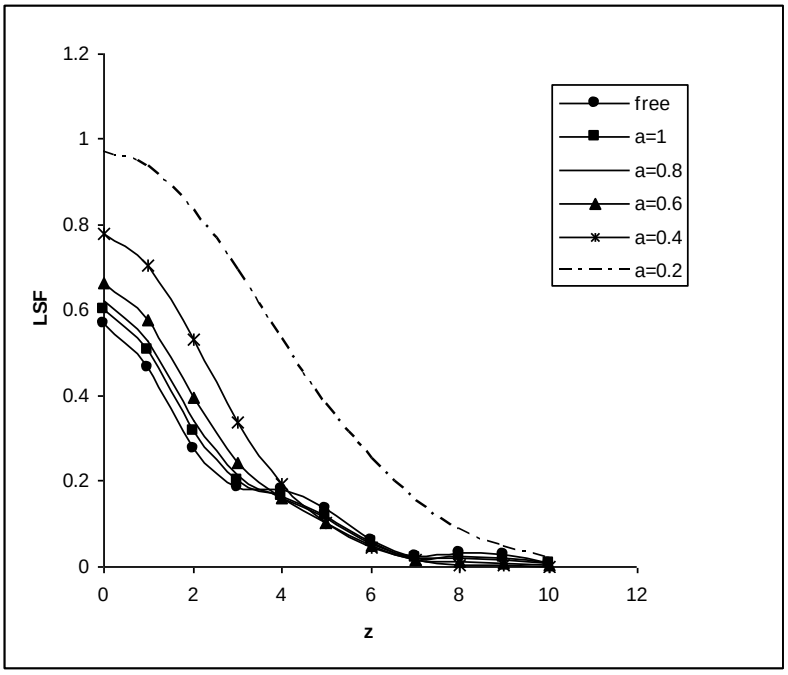
شكل(5) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.25) بفتحة مربعة.



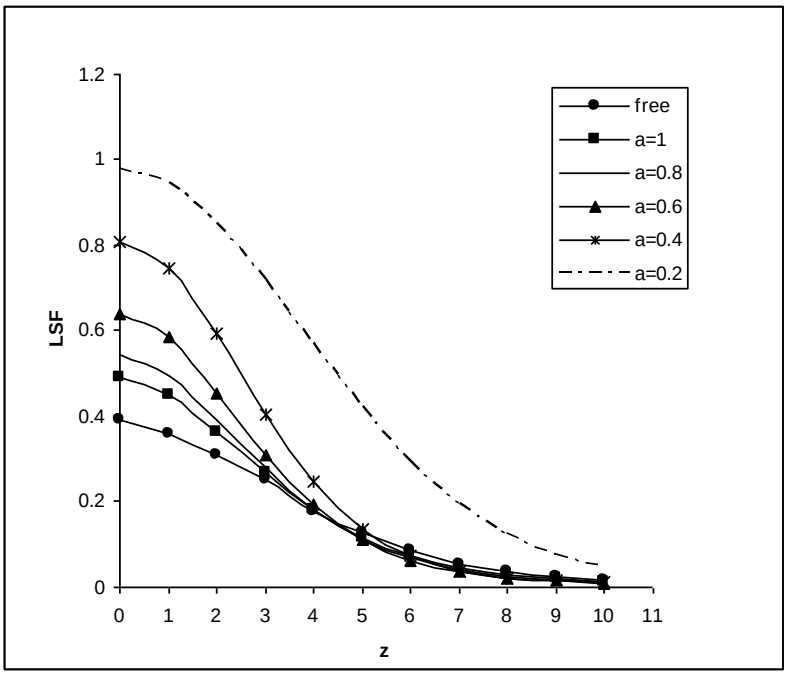
شكل(6) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.25) بفتحة مثلثة.



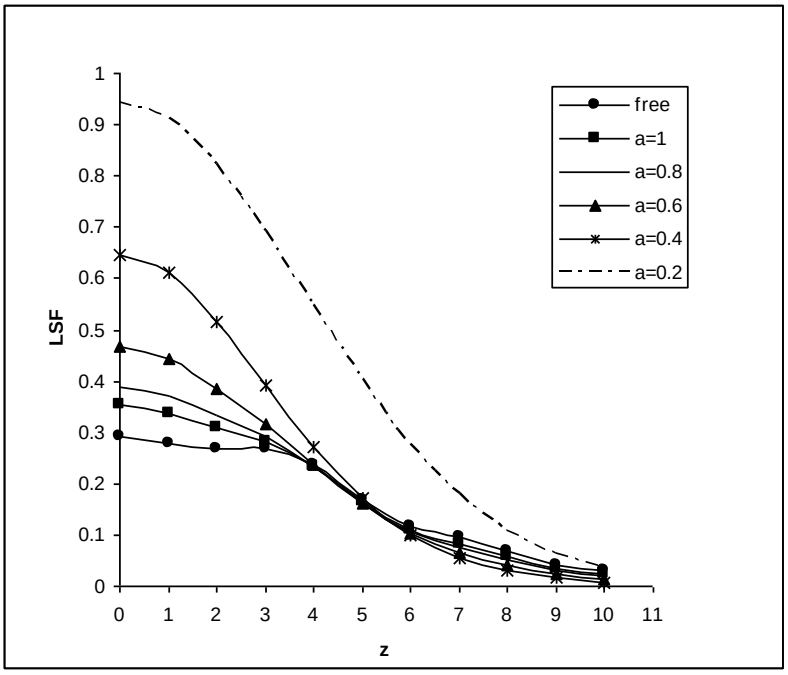
شكل(7) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.5) بفتحة دائرية.



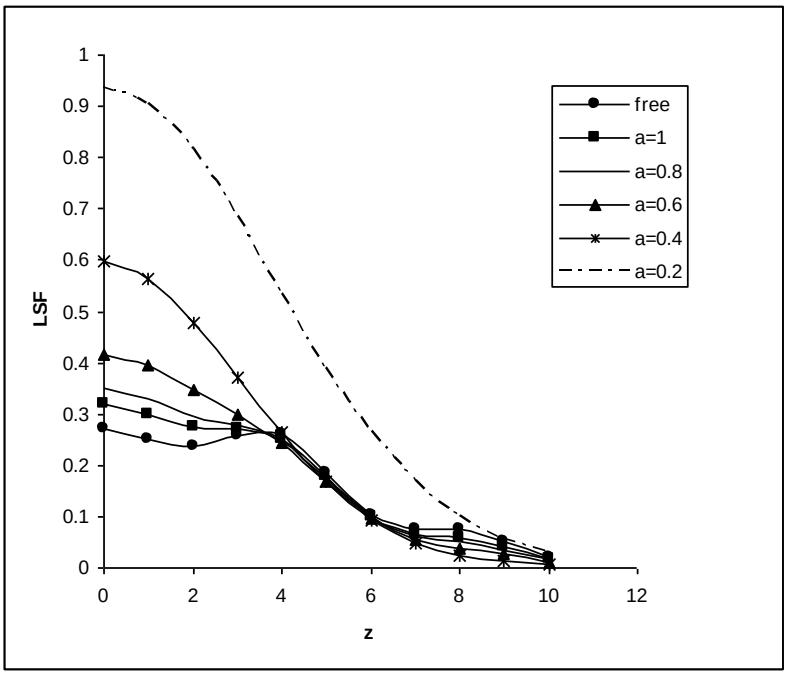
شكل(8) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.5) بفتحة مربعة.



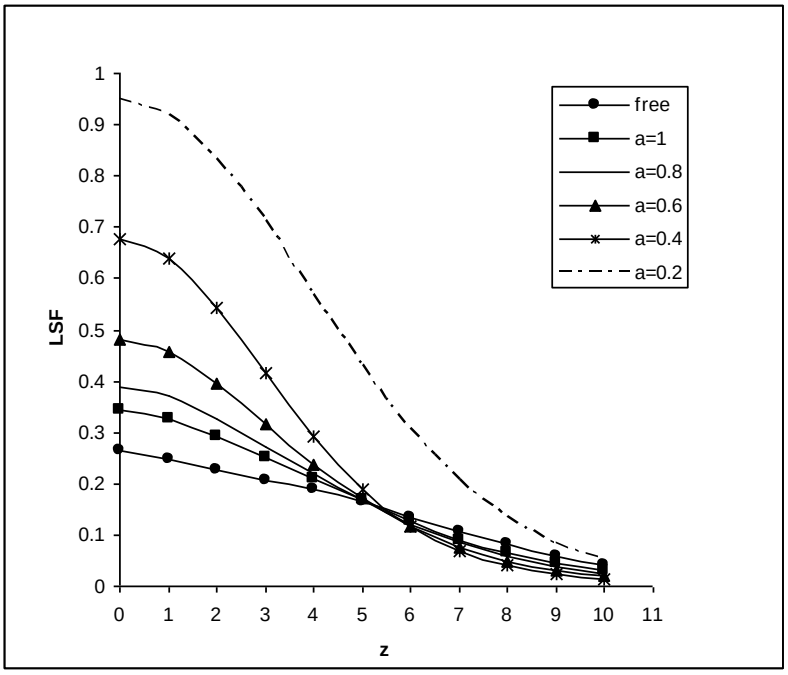
شكل(9) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.5) بفتحة مثلثة.



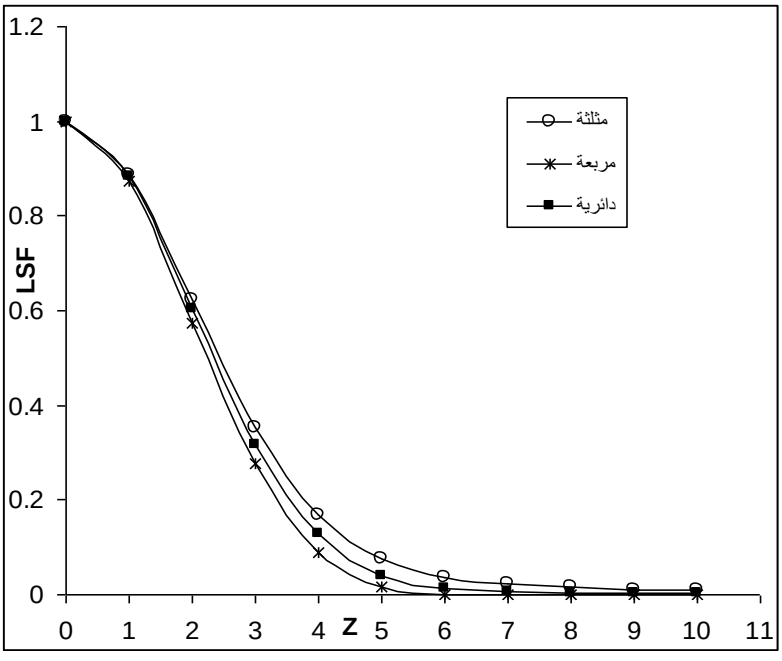
شكل(10) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.75) بفتحة دائرية.



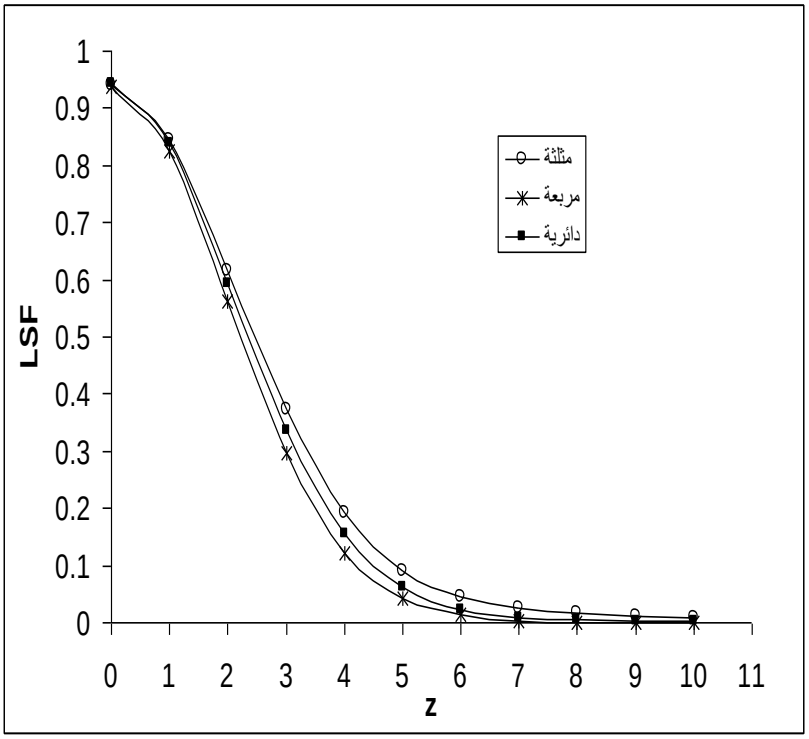
شكل(11) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.75) بفتحة مربعة.



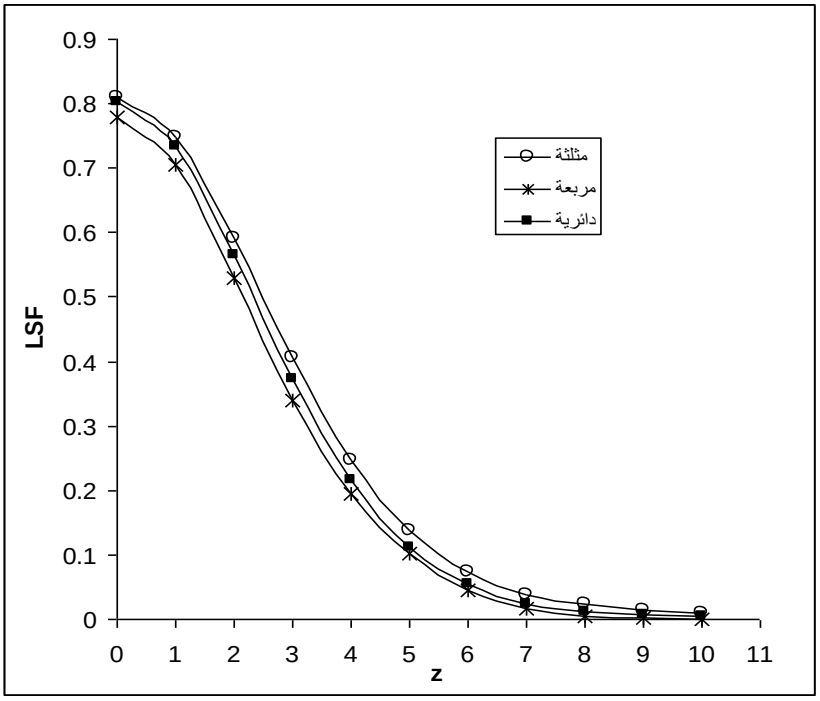
شكل(12) يوضح تأثير المرشح الكاوسي لقيم (a) مختلفة لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.75) بفتحة مثلثة.



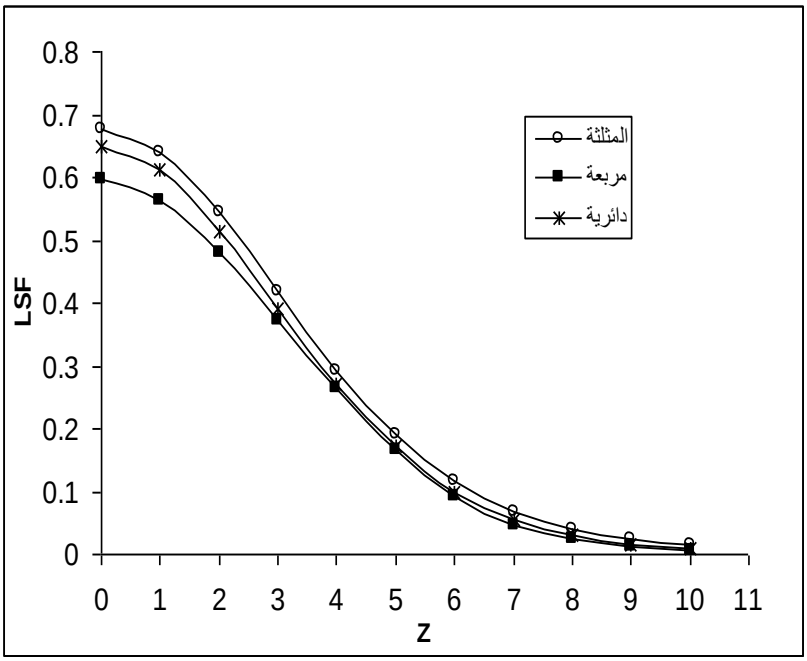
شكل(13) يوضح تأثير شكل الفتحة لمرشح كاوسي معين (a=0.4) لنظام محدد بالحيود.



شكل(14) يوضح تأثير شكل الفتحة لمرشح كاوسي معين (a=0.4) لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20} =0.25).



شكل(15) يوضح تأثير شكل الفتحة لمرشح كاوسي معين (a=0.4) لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20}=0.5).



شكل(16) يوضح تأثير شكل الفتحة لمرشح كاوسي معين (a=0.4) لنظام يحتوي على خطأ بؤري (W_{20}=0.75).

الاستنتاجات

1- إن استخدام تقنية المرشح الكاوسي في الأنظمة البصرية المثالية يعمل على تقليل الضوضاء في مستوى الصورة وزيادة نقاوتها .

2- إن زيادة معامل الانحراف المعياري للمرشح الكاوسي يؤدي إلى زيادة الشدة في مستوى الصورة في الأنظمة البصرية التي تحتوي على خطأ بؤري وبهذا فأنه يعمل على التقليل من تأثير الزيوغ على قيمة الشدة المركزية في مستوى الصورة .

3- إن زيادة معامل الانحراف المعياري للمرشح الكاوسي يؤثر سلباً على قدرة التحليل في الأنظمة البصرية لذلك يجب مراعاة الموازنة بين التأثير السلبي على قدرة التحليل للنظام البصري والتأثير الايجابي على قيمة الشدة للصورة المتكونة , وعلى أساس ذلك تم اختيار أفضل قيمة لمعامل الانحراف المعياري (a=0.4) من باقي القيم المختارة في البحث .

4- إن قدرة التحليل والشدة المركزية في الأنظمة البصرية التي تحتوي على فتحة مربعة تكون أفضل من باقي الفتحات (دائرية أو مثلثة) للأنظمة البصرية المثالية أو التي تحتوي على خطأ بؤري بسيط , أما عند وجود خطأ بؤري كبير في النظام البصري فأن الفتحة الدائرية تكون أفضل من باقي الفتحات من حيث قيمة الشدة للصورة المتكونة .

المصادر

Ahmed Q.K.,1977,ph.D thesis," Edge Spread Function",(Reading University).

Aljubury.A.F.,2007, " Effect of Gaussian Filter on (psf) for circular pieced aperture",Journal of Karbala University, Vol.5, No.4,PP.(521 to 529).

Aljubury.S.M,1999, M.Sc. thesis,"The Effect of Coherent Light on Image of Bodies Has One Distance",(Almustansirya University), Iraq.

Alqazaz,1995, M.Sc. thesis," Evaluation of the image quality of line object by using various apertures",(University of Baghdad),Iraq.

Born ,M.,Wolf,E.,1984," principle of optics ", 6th edition pergram press ,New York , usa,P 416 .

Che, Smarcos,Webb.R.H,SA.Burns optick, 1998,"Beam Splitter Layer Emission in Fourier- Transform Infrared Interferometers ", v.109,N.2,p.182.

Gary Bishop, Greg Welch,,2001," An Introduction to the Kalman Filter ", University of North Carolina,Department of Computer Science.

Gaskill , J.D.1970, "Linear System Fourier Transform",P56.

Novotng, L. ; Hecht., B. 2006,"principles of Nano-optics", Cambridge.

O'neill. E.L, J. Opt. Soc. Am., 1956," Apodization by the Stiles-Crawford Effect ", Vol 46,p.285.

RAO. BRM.,1993, , "Study of Nan Coherent Edge Responses of Apodized Optical System" , Indian Journal of Pure and Applied Physics Comparative, V.31,No.11.

Tschunko F.A.H.,Applied optics .,1983," Optical properties of narrow-band spectral filter coatings related to layer structure and preparation January, Vol. 22, No. 1.