

دراسة تأثير حركة الصورة على توزيع الشدة في نماذج الحيود لجسم على شكل شق باستخدام فتحات مختلفة

عدنان مرموص منصور

أزهر عبد الزهرة رحيم

فاضل خدام فليفل

كلية العلوم - جامعة كربلاء

الخلاصة

يعطي هذا البحث توزيع الشدة في نماذج الحيود لجسم على شكل شق باعتماد قيم مختلفة من عامل الحركة الخطية ($A=0.25,0.75,1.25,1.75,2.25,2.75,3.25$) للأنظمة البصرية المثالية (الخالية من الزيوج) عند استخدام الفتحة الدائرية , تم تحديد الانحطاط (degradation) في الصورة الناتج عن تأثير حركة الصورة باستخدام برنامج (MathCAD), ونظرا لأهمية تأثير الفتحات في الأنظمة البصرية تم اعتماد الفتحة المربعة والمستطيلة الأفقية. في هذا البحث تبين إن قدرة تحليل الفتحة المربعة أفضل من الدائرية والمستطيلة الأفقية. أيضا تم مقارنة النتائج مع تلك التي استخدمت فيها الفتحة الدائرية في حالة النظام المثالي .

Abstract

This research presents intensity distribution in the diffraction images of Bar object in case of different value of linear motion ($A=0.25,0.75,1.25,2.25,2.75,3.25$) for perfect optical system (free aberration) of a circular aperture. the degradation in the images due to the effect of linear motion is determined by using (MathCAD) program ,The effect of the aperture shape on the optical system has been studied ,the square and horizontal rectangular have been used. In this research the resolution of square is best than circular and rectangular aperture .In addition the predicated results were validated against the ideal case of circular aperture.

المقدمة: Introduction:

إن الاهتمام بدراسة الشق يعود بالفائدة الكبيرة إلى التصوير الجوي [Aerial photography] [1973 Sing , et. al.,] . الطرق السريعة وسكك الحديد وأسلاك القوى الكهربائية هي أمثلة للأجسام على شكل شق, أيضا يمكن اعتماد الشق على انه عبارة عن سلسلة متتالية محددة من الشقوق المضيفة والمظلمة.

تمكن العديد من الباحثين من حساب توزيع الشدة في صورة جسم على شكل شق والتي تدعى بدالة انتشار الشق (Bar spread function) وللاختصار (BSF).

استخدم (barakat) [Baraket, Houston, 1966] دالة الانتقال البصرية لإيجاد دالة انتشار الشق لنظام بصري إضاءته متشاكهة في حالة وجود الزيغ الهالي. أما تأثير الاهتزازات على صورة الحيود للشق فقد درست من قبل (Singh et al) [Singh et al., 1975] وتبين إن الاهتزازات تسبب انحطاط واضح في قيمة الشدة المركزية, كما تمكن [Amin,1984] من إيجاد دالة انتشار الشق بأجراء التكامل الالتفافي على بؤبؤ الإخراج للعدسة , وتمكن [Ahmed, 1988] 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 , كما تم دراسة توزيع الشدة في صورة جسم خطي لفتحات مختلفة من قبل [Al-Qazaz,1998] ودرس [Hameed, 1999] أيضا تأثير الإضاءة المتشاكهة على صور الأجسام الأحادية (الجسم الخطي , الشق) .

وقد استخدم [Victor chernomordik ,Amir Gandjbuchche,2006] أسلوب المحاكاة الحاسوبية لصورة الحيود للأجسام النقطية بطريقة الالتفاف (convolution) مع دالة الانتشار النقطية ذات عرض محدد وتم الحصول على صورة واضحة وذلك بتقليل عرض الجسم إلى حد معين بحيث أصبحت قدرة التحليل عالية.

النظرية: Theory

يتكون الشق من مجموعة من الأجسام الخطية ، حيث يمكن إيجاد السعة المعقدة في صورة الشق باستخدام مايسمى بنظرية الالتفاف (convolution Theorem) حيث تلتف السعة المعقدة في الجسم الخطي مع السعة المعقدة في الشق [Hameed,1999] وباستخدام التكامل الالتفافي (convolution integral) نحصل على :

$$T(z) = \int_{-\infty}^{\infty} T(z).H(z-z)dz.....(1)$$

حيث إن : السعة المعقدة في صورة جسم خطي.
 $T(z)$: السعة المعقدة في صورة جسم على شكل شق.
 $T(z)$: المسافة الخطية المختزلة في مستوى الصورة
 وبما أن [Muralidhara subbarao,2006] :

$$H(z-z) = \int_y \int_x f(x,y).e^{i(z-z)x}.e^{-i(z-z)y} dx.dy.....(2)$$

حيث أن (x,y) هي احداثيات بؤبؤ الاخراج وبالتعويض في المعادلة (1) نحصل على :

$$T(z) = \int_y \int_x f(x,y)e^{iZ(x-y)} dx dy \int_{-\infty}^{\infty} T(z)e^{iZ(x-y)} dz.....(3)$$

حيث أن :

$$\int_{-\infty}^{\infty} T(z)e^{-iz(x-y)} dz = t(x,y).....(4)$$

$T(x,y)$: طيف الشق الذي يعرف بأنه بؤبؤ دخول النظام البصري.

في حالة عرض الشق (2d) تكون السعة المعقدة للشق كالاتي :

$$|Z| \leq d \quad T(Z) = 1 \quad \text{عندما يكون}$$

$$|Z| > d \quad T(Z) = 0 \quad \text{عندما يكون}$$

إذن معادلة (4) تصبح:

$$t(x,y) = \int_{-d}^{+d} e^{iz(x-y)} dz.....(5)$$

أي أن:

$$t(x, y) = 2 \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)}$$

وبالتعويض في المعادلة (3):

$$T(z) = 2 \int_y^x \int_x^y f(x, y) e^{iz(x-y)} \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \dots \dots \dots (6)$$

وبما إن:

$$f(x, y) = e^{ikw(x,y)}$$

$$T(z) = 2 \int_y^x \int_x^y e^{iz(x-y)+kw(x,y)} \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \dots \dots \dots (7)$$

$$T(z) = 2 \left[\int_y^x \int_x^y \cos(z(x-y) + kw(x,y)) \frac{\sin(x-y).d}{(x-y)} dx.dy + i \sin(z(x-y) + kw(x,y)) \frac{\sin(x-y).d}{(x-y)} dx.dy \dots \dots \dots (8) \right]$$

$$B(z) = \left| T(z) \right|^2$$

$$B(z) = N \left\{ \left[\int_y^x \int_x^y \cos(z(x-y) + kw(x,y)) \frac{\sin(x-y).d}{(x-y)} dx.dy \right]^2 + \left[\int_y^x \int_x^y \sin(z(x-y) + kw(x,y)) \frac{\sin(x-y).d}{(x-y)} dx.dy \right]^2 \right\} \dots \dots \dots (9)$$

حيث إن $B(z)$ هو الشدة في صورة الشق أو بعبارة أخرى دالة انتشار الشق (Bar spread function) حيث أن (N) : هو عامل المعايرة الذي اشتقت قيمته من قبل (H.M. Amin, 1984) وتساوي $(1/\pi^2)$. وفي حالة النظام المثالي (أن العدسة أو النظام البصري يخلو كلياً من الزيغ والخطأ البؤري) ، أي إن: $(W(x,y)=0)$:

$$B(z) = \frac{1}{\pi^2} \left\{ \left[\int_y^x \int_x^y \cos(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 + \left[\int_y^x \int_x^y \sin(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \right\} \dots \dots \dots (10)$$

وعند إدخال عامل الحركة الخطية (A) في معادلة الشدة نحصل على:

$$B(z) = \frac{1}{\pi^2} \left\{ \left[\int_y^x \int_y^x \cos(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi A(x-y)} + \left[\int_y^x \int_y^x \sin(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \right\} \frac{\sin(\pi A(x-y))}{(x-y)} \dots\dots\dots(11)$$

حيث $A = \frac{t * e * v}{\lambda * F}$

حيث t : زمن اللقطة ، v : سرعة حركة الجسم ، F : البعد البؤري للنظام البصري ، λ : الطول الموجي للأشعة الساقطة

وفي حالة النظام البصري الخالي من الزيوغ ولكن محدد بالحيود بفتحة الإخراج الدائرية تصبح معادلة الشدة :

$$B(z) = \frac{1}{\pi^2} \left\{ \left[\int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \cos(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi(x-y)} + \left[\int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} \sin(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \right\} \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi A(x-y)} \dots\dots\dots(12)$$

وفي حالة النظام البصري الخالي من الزيوغ وبتحة الإخراج المربعة تصبح معادلة الشدة :

$$B(z) = \frac{1}{\pi^2} \left\{ \left[\int_{-\frac{\sqrt{\pi}}{2}}^{+\frac{\sqrt{\pi}}{2}} \int_{-\frac{\sqrt{\pi}}{2}}^{+\frac{\sqrt{\pi}}{2}} \cos(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi(x-y)} + \left[\int_{-\frac{\sqrt{\pi}}{2}}^{+\frac{\sqrt{\pi}}{2}} \int_{-\frac{\sqrt{\pi}}{2}}^{+\frac{\sqrt{\pi}}{2}} \sin(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \right\} \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi A(x-y)} \dots\dots\dots(13)$$

أما حالة النظام البصري الخالي من الزيوغ ولكن محدد بالحيود بفتحة الإخراج المستطيلة الأفقية تصبح معادلة الشدة :

$$B(z) = \frac{1}{\pi^2} \left\{ \left[\int_{-\frac{\pi}{4}}^{+\frac{\pi}{4}} \int_{-1}^{+1} \cos(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi A(x-y)} + \left[\int_{-\frac{\pi}{4}}^{+\frac{\pi}{4}} \int_{-1}^{+1} \sin(z(x-y)) \frac{\sin(x-y)d}{(x-y)} dx dy \right]^2 \right\} \frac{\sin(\pi A(x-y))}{\pi(x-y)} \dots\dots\dots(14)$$

النتائج والمناقشة: Result and Discussion

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 ان الفتحات الصغيرة تعطي عمق مجال أطول ، أيضا حجم الفتحة يحدد الزيوغ البصرية فكلما كان حجم الفتحة اكبر كانت الصورة مشوهة وكذلك الفتحات الكبيرة تحتاج إلى نظام بصري بقطر اكبر [Nicholas *et* al]

[al.,, 2008] , لذلك استخدمت فتحات مختلفة في هذا البحث لدراسة مدى تأثير شكل الفتحة على كفاءة النظام البصري .

حيث إن الفتحة الدائرية الشائعة الاستعمال تبدي في بعض الأحيان قصورا إزاء إغراض ومتطلبات عديدة في مجال الرصد الفضائي [H.H. Al-Qazaz ,1998] أيضا توجد عوامل أخرى مؤثرة وكما ذكر في مقدمة البحث عامل الحركة الخطية (حركة الصورة) لذلك تم دراسة تأثيره أيضا. لقد تم حل المعدلات (12,13,14) عن طريق برنامج (MathCAD) لإيجاد دالة انتشار الشق لنظام بصري مثالي عند قيم مختلفة لنصف عرض الشق (d=3,5,7,9,11) وعامل الحركة الخطية (A=0.0,0.25,0.75,1.25,1.75,2.25,2.75,3.25).

يبين الشكل (1) منحنيات توزيع الشدة في مستوى الصورة (دالة انتشار الشق) لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج دائرية لقيم مختلفة لعرض النصف للشق, إن قيمة الشدة العليا تزداد عند زيادة عرض النصف للشق وبذلك يصعب تحديد قيمة الشدة العليا من المنحنيات نتيجة للتسطح الذي يحصل حيث لا توجد قمة مركزية عند (Z' =0) وعند ذلك تكون قدرة التحليل غير جيدة .

لذلك تم اختيار (d=3) أفضل عرض لنصف الشق وهذا يتفق مع النتائج التي تم التوصل إليها من قبل الباحث [S.M. Hameed, 1999] ويمكن تعميم (d=3) أيضا عند استخدام الفتحة المربعة كما مبين في الشكل (2) والمستطيلة الأفقية في الشكل (3) للسبب المذكور أعلاه.

إما تأثير عامل الحركة الخطية (A) على توزيع الشدة في مستوى الصورة عند ثبوت عرض النصف للشق (d) واضح من الشكل (4) لفتحة الإخراج الدائرية إن القيم الصغيرة من عامل الحركة (A=0.25,0.75) لا تؤثر على قيمة الشدة المركزية حيث تكون الشدة المقابلة لها (0.835), (B(z')=0.867, على التوالي وهذا يبين إن الفرق ضئيل عند مقارنتها مع الحالة المثالية عندما (A=0) فان الشدة تساوي (B(z')=0.874)

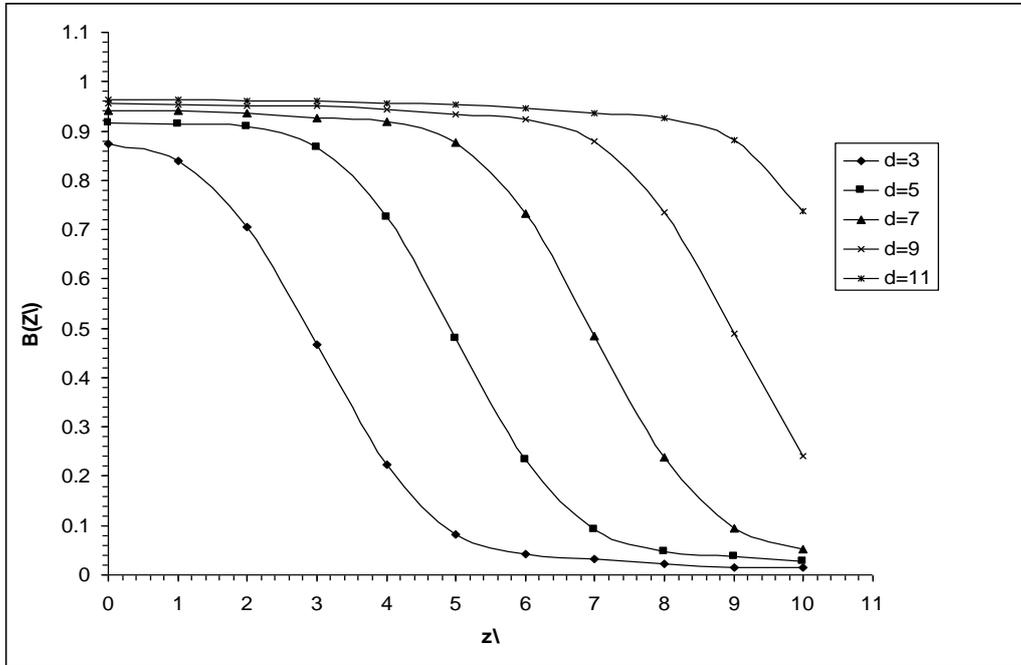
وعندما تزداد قيم العامل (A=1.25) تبدأ قيم الشدة العليا بالتناقص حيث ستساوي (B(z')=0.652)

حيث يكون الانحطاط واضح في توزيع الشدة في الصورة ولكن منحنى الصورة لا يبدو مختلف عن الحالة المثالية أي يمكن تمييز الجسم .

أما عند القيم الكبيرة من عامل الحركة عندما (A=1.75, 2.25, 2.75, 3.25) فان قيم الشدة المقابلة لها تصبح (B(z')=0.501, 0.391, 0.330, 0.282) على التوالي ولذلك فان شكل المنحني يبدو مختلفا اختلاف كبير عن الحالة المثالية (A=0) وبذلك يصعب تمييز الجسم عند تصويره إذا كانت سرعته عالية. أيضا يمكن تعميم الناقشة أعلاه على الفتحة المربعة في الشكل (5) وفتحة الإخراج المستطيلة الأفقية في الشكل (6) .

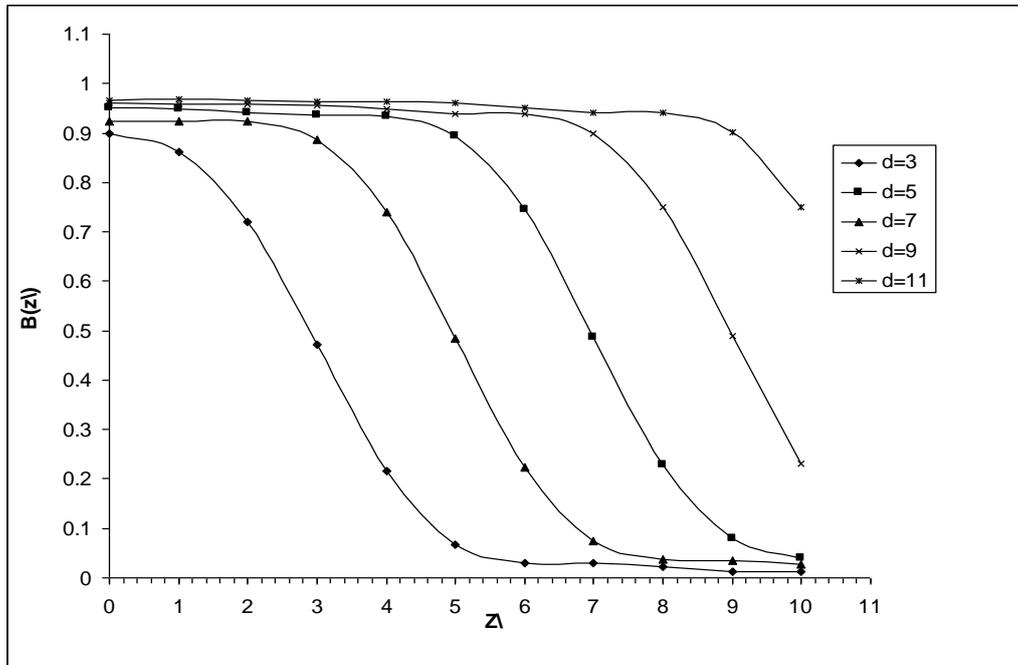
يتضح من الشكل (7) الذي يمثل توزيع الشدة في مستوى الصورة باستخدام الفتحة الدائرية والمربعة والمستطيلة الأفقية عند ثبوت عرض النصف للشق (d=3) وعامل الحركة الخطية (A=0) إن الفتحة المربعة تعطي قدرة تحليل أفضل من الدائرية والمستطيلة الأفقية (أي إن قيمة الشدة العليا في منحنى التوزيع للفتحة المربعة أعلى من الدائرية والمستطيلة الأفقية) وهذا يتفق مع النتائج التي توصل إليها الباحث [Abdul - Munaim, 1997] .

توضح الأشكال (8,9) تأثير عامل الحركة الخطية على قدرة التحليل حيث لازالت الفتحة المربعة تعطي قدرة تحليل أفضل من الفتحتين الدائرية والمستطيلة الأفقية عندما يكون عامل الحركة الخطية $(A=0.25,0.75)$ ، أما عند القيم الكبيرة نتيجة للتشوه الكبير الذي يحصل في الصورة لا يمكن المقارنة أيهما أفضل في قدرة التحليل عند استخدام فتحات مختلفة.



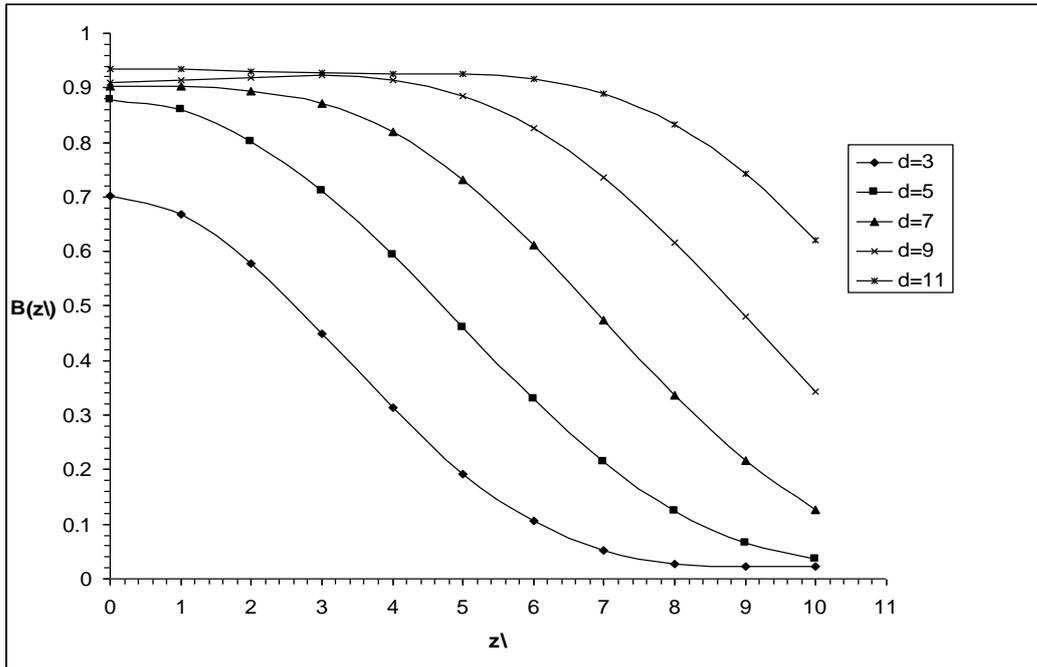
شكل (1)

توزيع الشدة في صورة شق لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج دائرية



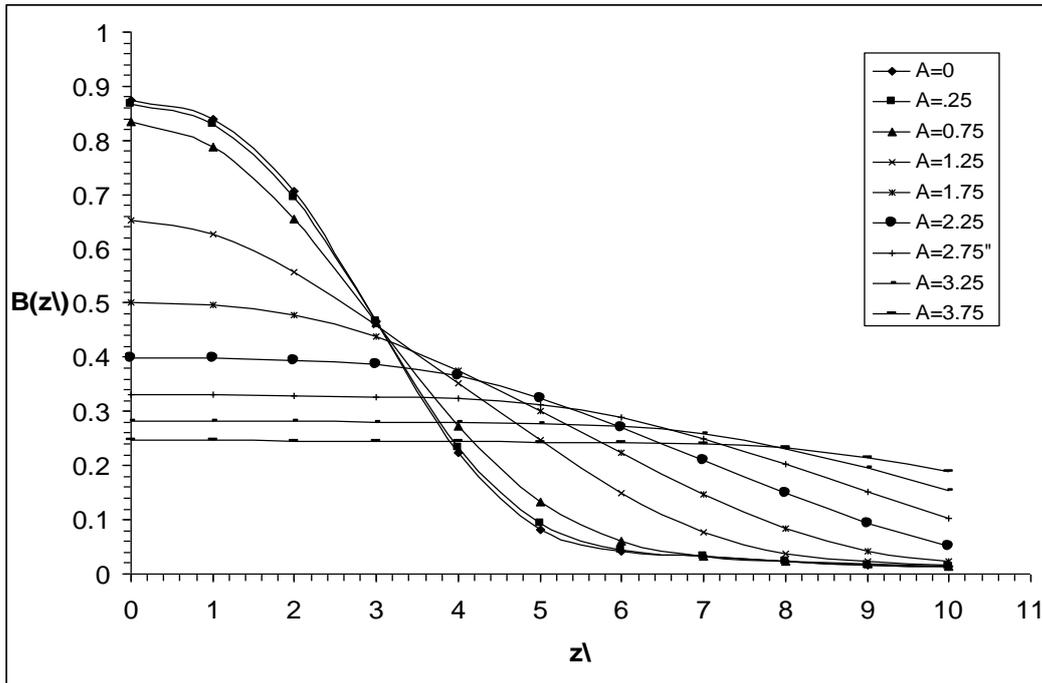
شكل (2)

توزيع الشدة في صورة شق لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج مربعة



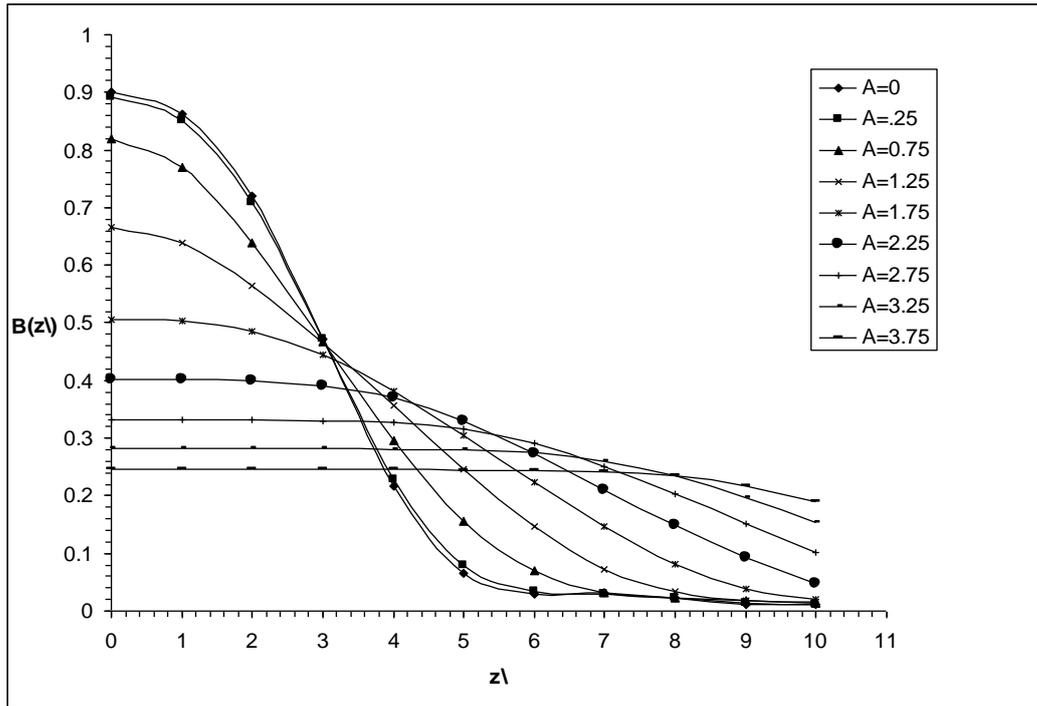
شكل (3)

توزيع الشدة في صورة شق لنظام بصري مثالي بفتحة إخراج مستطيلة أفقية



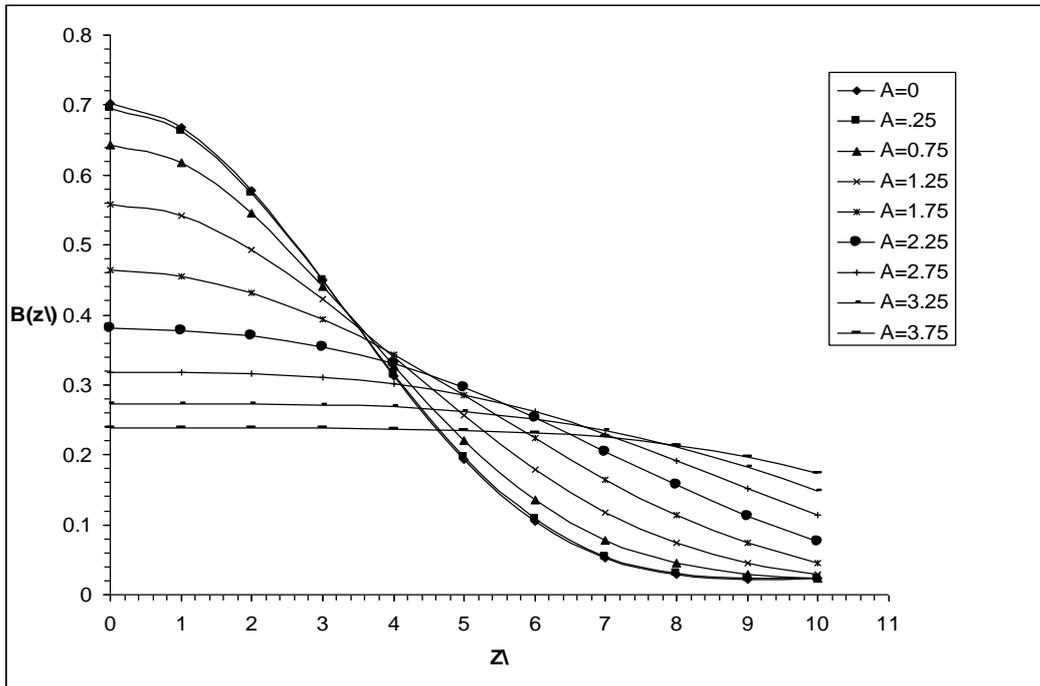
شكل (4)

تأثير الحركة الخطية على صورة شق ($d=3$) لنظام بصري بفتحة إخراج دائرية



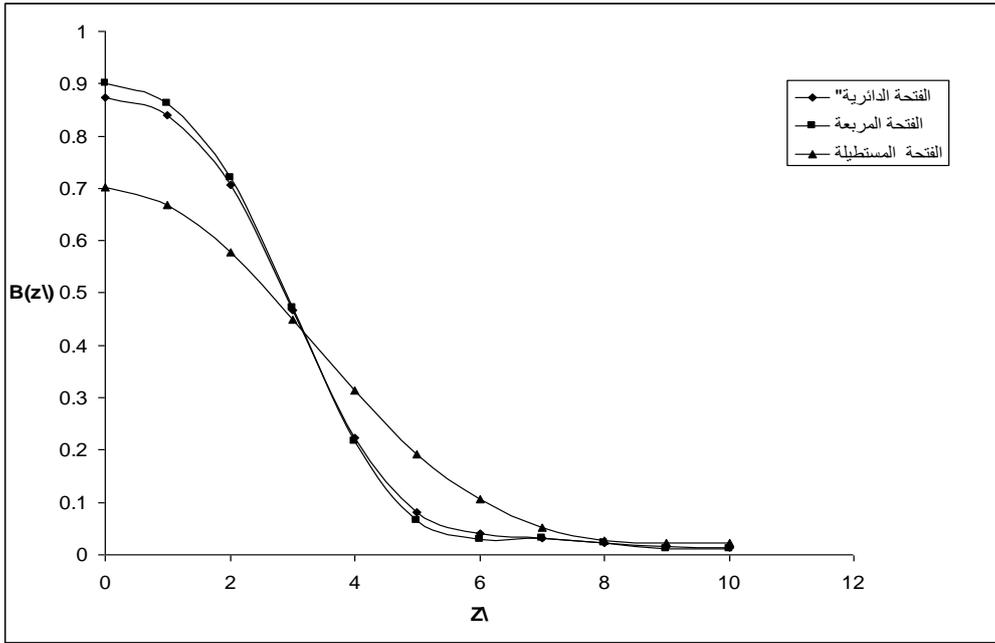
شكل (5)

تأثير الحركة الخطية على صورة شق ($d=3$) لنظام بصري بفتحة إخراج مربعة



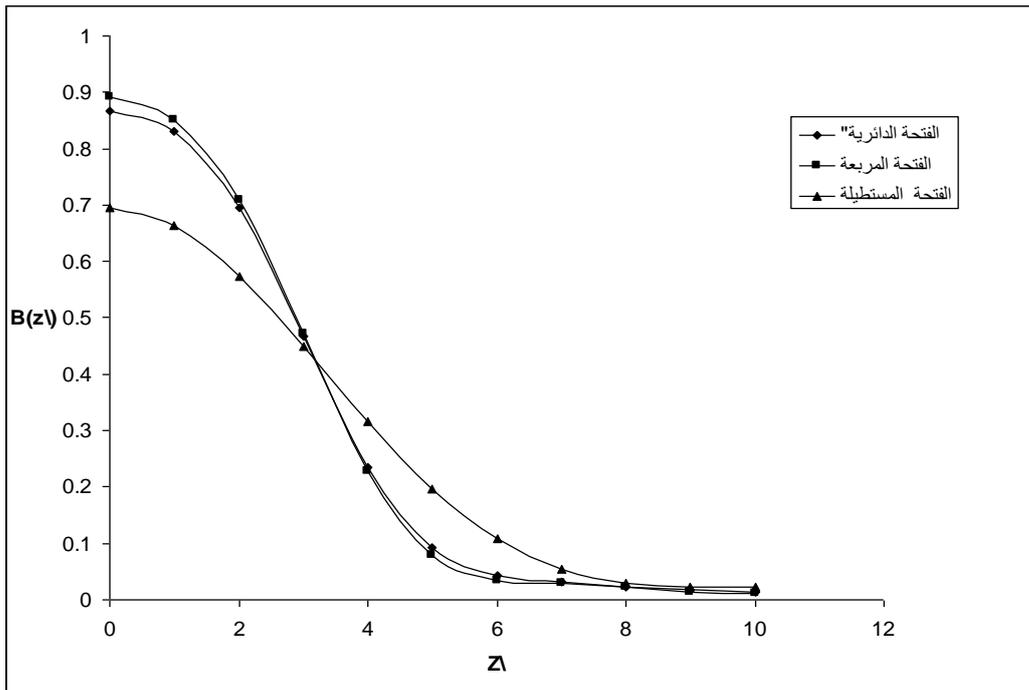
شكل (6)

تأثير الحركة الخطية على صورة شق ($d=3$) لنظام بصري بفتحة إخراج مستطيلة أفقية



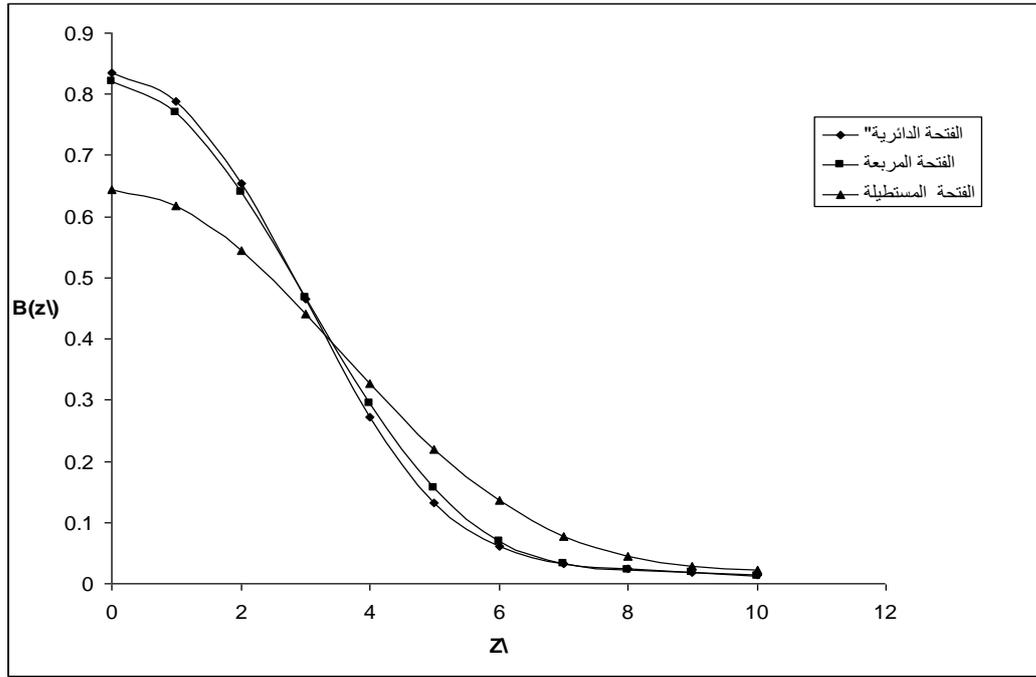
شكل (7)

تأثير شكل فتحة الإخراج على صورة الشق ($d=3$) عندما تكون ($A=0$)



شكل (8)

تأثير الحركة الخطية ($A=0.25$) على صورة شق لنظام بصري بفتحات مختلفة عندما يكون ($d=3$)



شكل (9)

تأثير الحركة الخطية ($A=0.75$) على صورة شق لنظام بصري بفتحات مختلفة عندما يكون ($d=3$)

الاستنتاجات: conclusions

- من مناقشة النتائج يمكن أن نستنتج:
- 1- إن أفضل عرض لنصف الشق هو ($d=3$).
 - 2- صور الأجسام المتحركة عند القيم الصغيرة والمتوسطة من عامل الحركة الخطية. ($A=0.25, 0.75, 0.1.25$) أي إن السرعة الواطئة تعد مقبولة ويمكن تمييزها بينما القيم الكبيرة ($A=1.75, 2.25, 2.75, 3.25$) أي السرعة العالية لا يمكن تمييز الجسم من خلال الصورة.
 - 3- قدرة تحليل فتحة الإخراج المربعة أفضل من الدائرية والمستطيلة الأفقية.

References

- Abdul –Munaim, A.H. 1997, Ph .D. Thesis, Al-Mustansiriy Univ., Iraq.
- Amin , H.M. 1984, MSc. Thesis, Al-Mustansiriy Univ.,Iraq.
- Al-Qazaz , H.H. 1998,M. Sc. Thesis , Univ. of Baghdad., Iraq.
- Sing , K.; Rattan R. and Jain , N.K. 1973, Diffraction Images of Truncated Sine and Square Wave Periodic Objects in the Presence of Linear Image Motion ,Applied Optics ,Vol..12,No.8,p.1846.
- Ahmed , Q.K. 1988, J. of Sp. And Ast.,Res.,Vol.2,35.
- Baraket, R.; Houston, A. 1966, J.Opt.Soc.Am.Vol.56,140.
- Singh , R.N. ; Sing, K. ; Chamdra, A.1975 , Indian,J.Phys.,Vol.49,28-37.
- Muralidhara subbarao, 2006, Determining Distance from Defocused Image of Simple Objects, New York Univ.
- Nicholas Ewton,Peter W.Draper and Alasdair Allan,25 April 2008 ,Techniques of aperture photometry(<http://www.starlink.rl.ac.uk/star/docs/sun45.htx/node36.html>) ,in photom-Aphotometry, package.
- Hameed, S.M. 1999, Ph .D. Thesis, Al-Mustansiriy Univ., Iraq.
- Victor chernomordik ,Amir Gandjbuchche,2006,Enhancing diffraction-limited images using properties of the point spread function, optics Express3193,Vol.14,No.8.