

## دراسة الإحصائيات الرقمية لليف البصري أحادي النمط عند الانحناء

م. م. ميامي عبد اللطيف محمد

أ.د. علي عبد داود الزكي-أستاذ

قسم الفيزياء-كلية العلوم-الجامعة المستنصرية

### الخلاصة

في هذا البحث تمت دراسة تأثير الانحناء المتغير الاقطار لليف البصري على الإحصائيات الرقمية لصورة البقعة الليزرية مع زمن تقطيع الصورة ، تم حساب الإحصائيات الرقمية لكل بقعة ليزرية مأخوذة صورتها بكاميرا رقمية مربوطة بحاسوب. أظهرت نتائج البحث بأن العلاقة بين كل من الخاصية الإحصائية  $(RNS, \sigma, \mu)$  وزمن تقطيع صورة البقعة الليزرية متغيرة على شكل منحنى ، وان حزمة اللون الأحمر هي السائدة من بين الحزم اللونية الأخرى على (حزمة الأزرق و الأخضر) ولأقطار مختلفة . كما أظهرت النتائج انه بزيادة قطر الليف البصري تزداد الإحصائيات الرقمية لصورة البقعة الليزرية وللحزم الثلاثة ، وبالتالي فانه كلما زاد قطر الليف البصري كلما حصلنا على تشاكة عالي للحزمة الحمراء لصورة البقعة الليزرية .

## **A Digital Statistical Study for Single Mode Optical Fiber at bending**

**Assistant . lecturer Miami Abdulatteef Mohammed**

**Prof. Dr. Ali Abed Daowed ALZuky**

### **Abstract**

**In This research, bending effect with its diameter changeable upon the digital statistical for laser spot image of optical fiber has been studied with time . Digital Statistical parameters  $(RNS, \sigma, \mu)$  was been calculated for each spot laser image captured by digital camera connected to computer. Result show that, the relationship between each Statistical parameter and laser spot image gripe time is changed in a curve shape . Red band is the dominant band over the two other bands (blue and green bands ) and for different diameters . Results also show that increasing the diameter of a fiber can cause the digital Statistical parameter of laser spot image to increase in its values for all bands , and as a one a result one can conclude that increasing the diameter of the optical fiber causes a high coherence case for the red band of the laser spot image.**

## المقدمة

قدمت الألياف البصرية أحادية النمط إمكانيات فريدة في الاستفادة منها في أنظمة الاتصالات ذات المدى الترددي (عرض النطاق) العريض بالإضافة إلى استخدام التجارب المختبرية وفي أجهزة التداخل المختلفة التي تتضمن قياس التيار أو التحسس للدوران، لقد أصبحت الألياف البصرية في الوقت الحاضر الأكثر رواجاً وذلك لكلفتها المنخفضة مقارنة بباقي الاتصالات الأخرى، مما أدى إلى توجه نظم الاتصالات نحو استبدال خطوط الاتصالات الأرضية التقليدية والتي تستخدم دلائل موجة معدنية (نحاسية) بأخرى تستخدم دلائل موجة عازلة والتي تتمثل بألياف السليكا بفضل المميزات المفيدة المتعددة التي توفرها هذه الدلائل إضافة إلى مجال الاتصالات التحسس باستخدام الألياف البصرية فإنه أصبح المجال الأكثر تطبيقاً في الإغراض الطبية والصناعية والبحثية وغيرها وذلك لما تقدمه الألياف من حصانة ضد التشويش الكهرومغناطيسية والتي غالباً ما تقسّد عملية التحسس بوساطة الأنظمة التقليدية [2,1].

## التركيب الفيزيائي للليف البصري

يعمل قلب الليف البصري الذي له معامل انكسار اعلي من معامل انكسار القشرة الداخلية كدليل للموجة الضوئية وذلك لكي تنحصر معظم القدرة الضوئية للضوء المنتشر بواسطة الليف ضمن القلب فقط ، متمثلاً بالشرط  $(n_1 > n_2)$  على أن يكون انتقال الضوء في الليف وفق مبدأ الانعكاس الداخلي الكلي .

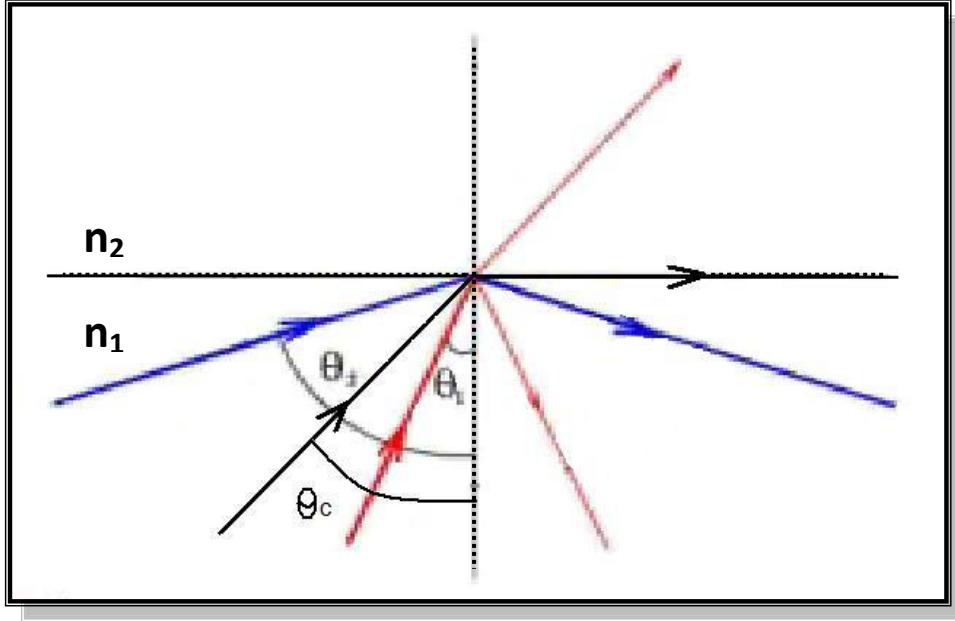
والذي تحدث إذا تحقق الشرطين التاليين:

- 1- إن ينتقل الضوء من وسط ذو معامل انكسار كبير إلى وسط ذو معامل انكسار أقل .
- 2- إن تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة .

ويمكن تعريف الزاوية الحرجة بأنها اصغر زاوية سقوط في الوسط ذو معامل الانكسار الأكبر بحيث يصنع الشعاع المنعكس زاوية  $(90^\circ)$  مع المستوي الفاصل بين الوسطين وتعطى بالعلاقة  $\theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)$

إذ  $n_1$  و  $n_2$  معامل انكسار القلب و القشرة للليف البصري على التوالي [3،4]

فعند سقوط شعاع الليزر على الحاجز بين وسطين هما القلب الذي معامل انكساره أكبر من وسط القشرة و بزيادة الزاوية تدريجياً فنلاحظ إن جزء من الشعاع ينفذ والجزء الآخر ينعكس داخل الليف و بزيادة زاوية السقوط قلت شدة الشعاع النافذ وازدادت شدة الشعاع المنعكس ، وعند الزاوية الحرجة يخرج الشعاع موازياً لسطح الليف وإذا ما زادت زاوية السقوط قليلاً عن الزاوية الحرجة فان الشعاع ينعكس بالكامل ولا ينفذ منه شيء وكما موضح في الشكل (1) .



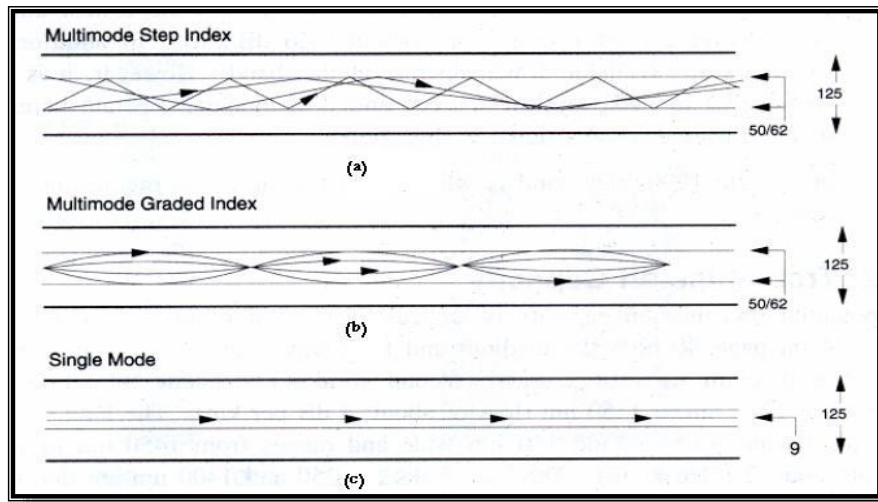
شكل(1) الانعكاس الداخلي الكلي في الليف البصري [5]

### أنواع الألياف البصرية

تقسم الألياف البصرية تبعاً لمعامل انكسار قلب الليف إلى نوعين ، فإذا كان معامل الانكسار ( ثابت التغير) يسمى معامل الانكسار أالدرجي لليف ( step index )، إما إذا كان يتغير مع البعد عن محور الليف فيسمى

ذو معامل انكسار متدرج ( Graded Index ). وله قيمة عظمى عند المركز وتقل باتجاه القشرة

تقسم الألياف كذلك تبعاً لعدد الأنماط المنتقلة خلالها إلى نوعين، إذ يسمى الليف الذي ينتقل فيه نمط واحد بذوي النمط المنفرد ( single mode )، إما إذا كان الليف ينتقل خلاله أنماط مختلفة فيسمى ليف ذو الأنماط المتعددة ( multimode ) [6,7].



شكل(2) أنواع الألياف البصرية من حيث انتشار الموجة فيها

## معدل الشدة للبقعة الليزرية

تم حساب معدل الشدة للبقعة الليزرية والذي يمثل معدل عناصر البقعة الليزرية في الصورة ويحسب من العلاقة الآتية :

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N I(x, y) \dots\dots(3)$$

إذ إن  $I(x, y)$  : عنصر الصورة في الموقع  $(x, y)$

$M, N$ : طول وعرض الصورة أو جزء من الصورة. وحاصل ضربيهما يمثل عدد عناصر الصورة.

ويمكن حساب المعدل  $\mu$  كذلك من المعادلة الآتية :

$$\mu = \sum_{I=0}^{L-1} I \cdot P(I) \dots\dots\dots(4)$$

إذ إن  $I$  يمثل قيمة الشدة،  $P(I)$  دالة كثافة الاحتمالية في الصورة،  $L$  عدد مستويات الشدة (الإضاءة) في الصورة. تم حساب معدل الانحراف المعياري ( $\sigma$  or  $TS$  or  $D$ ) للبقعة الليزرية في الصورة لكل لفة لليف البصري من المعادلة الآتية [9,8]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (I(x, y) - \mu)^2} \dots\dots (5)$$

## نسبة الإشارة الى الضوضاء (SNR)

تعرف الضوضاء على أنها المعلومات غير المرغوب فيها والتي تؤدي الى أفساد الصورة بحيث تعطي قيماً زائفة التدرج في الشدة لعناصر الصورة حيث أن الفرق بين الصورة الأصلية والصور المشوهة أو المعالجة يمكن أن نعتبره ضوضاء.

أن نسبة الإشارة الى الضوضاء تمثل بمقدار الانحراف المعياري حيث أن الإشارة تتمثل بعناصر مختلفة ذات قيمتين محددتين كما في العلاقة الآتية [11,10] ويمكن أن تقع بين :

$$I_{MIN} \leq I \leq I_{MAX} \quad (6)$$

لذا فإن نسبة الإشارة إلى الضوضاء تعرف كالتالي:

$$SNR = 20 \log_{10} \left[ \frac{I_{MAX} - I_{MIN}}{\sigma_n} \right] dB \quad (7)$$

إذ إن  $\sigma_n$  تمثل مقدار الانحراف المعياري للضوضاء

أما إذا كانت الإشارة لها توزيع إحصائي وبشكل غير محدد فإن نسبة الإشارة إلى SNR يعطى كما يلي:  
الضوضاء

$$SNR = 20 \log_{10} \left( \frac{\mu}{\sigma_n} \right) dB \quad (8)$$

إذ إن  $\mu$  معدل الإشارة

وفي حالة كون الإشارة لاتعتمد على الضوضاء فإن نسبة الإشارة إلى الضوضاء تعطى بالعلاقة التالية [15]:

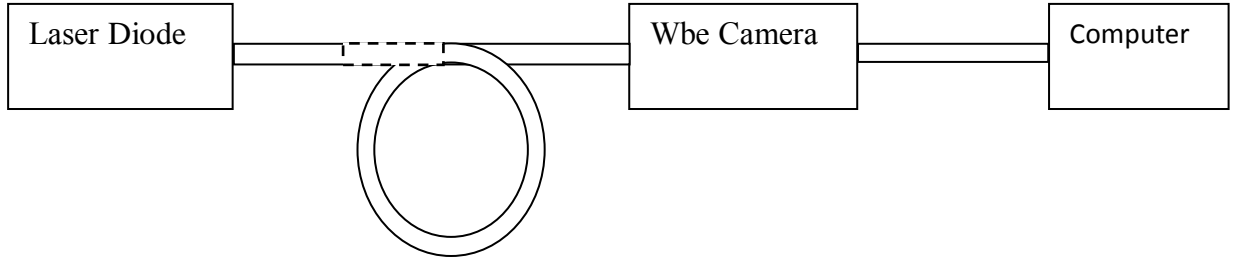
$$SNR = 20 \log_{10} \left( \frac{\sigma_I}{\sigma_n} \right) \quad (9)$$

$\sigma_I$ : تمثل الانحراف المعياري للضوضاء ،  $\sigma_n$  تمثل الانحراف المعياري للإشارة

يفضل حساب RNS موقعيا في المناطق المختلفة من الصورة وذلك لأن حساب RNS لكل الصور قد لايعطي وصفاً دقيقاً لمقدار RNS وذلك لأن التغيرات العالي في مستويات الشدة قد تؤثر على قيم  $\sigma$  وتعطي مقدار كبير لها وهذا عائد إلى المعلومات الموضعية في الصورة [12] .

## الجزء العملي

استخدمت منظومة العمل المبينة في الشكل (3) والتي تتكون من ليزر شبه موصل (Diode Laser) ذو موجة مستمرة (CW) وبطول موجي (630-680 nm) وذو قدرة ضوئية (5 mW) ، ثم استخدم ليف بصري أحادي النمط مصنوع من السليكا لف حول أسطوانات ذات أقطار مختلفة ( 1.77 ، 4.215 ، 7.1 ) cm وبعدد لفات مختلفة من الليف البصري، تم وضع حاسبة تربط بكاميرا رقمية نوع ( Wbe Camera ) تؤخذ صور لكل بقعة ليزرية ومن ثم تم تقطيع الصورة إلى أربعة أزمان (5،10،15، 20) [12]



شكل (3) المنظومة البصرية

## المناقشة

تمت دراسة الخصائص الرقمية للصورة (معدل الشدة للبقعة الليزرية  $(\mu)$ )، معدل الانحراف المعياري (DTS) ، نسبة الإشارة إلى الضوضاء (RNS) كدالة لتغيير زمن تقطيع الصورة الفيديوية ( $t$ ) إلى أربع أزمنة (5،10،15،20) لحالة اللفة الواحدة من الليف البصري أحادي النمط ولعدة أقطار مختلفة من الليف البصري ( $mc$  77 . 1 ، 4.215 ، 7.1 ) للحزم اللونية R GB وهذا موضح في الشكل (4).

عند قطرا لانحناء ( $m = R = 77.1$ ) الليف البصري تم ملاحظة وجود تباير طردي بين معدل شدة البقعة الليزرية ( $\mu$ ) وزمن تقطيع الصورة فتم تسجيل اللون الاحمر اعلى قيمة (145) عند الزمن (10) إما بالنسبة للحزمتين الزرقاء والخضراء فكانت القيم (15،44) ثم تبد بعد ذلك وعلى التوالي بالانخفاض عند الزمن (20) فتصبح للحزمة الحمراء بقيمة (118) إما للحزمتين الزرقاء والخضراء على التوالي فكانت قيمتهما (10،40). إما علاقة التباير بين الانحراف المعياري ( $\sigma$ ) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) فكانت تبدأ بالزيادة للحزمة الحمراء وتأخذ أعلى قيمة (47) إما بالنسبة لحزمتي الزرقاء والخضراء فكانت (10،18) ثم بزيادة الزمن تأخذ قيم الانحراف المعياري بالانخفاض والثبات التقريبي للقيم فتصبح للحزمة الحمراء (40) و لحزمتي الزرقاء والخضراء بمقدار (10،15) عند الزمن (20). إما بالنسبة لعلاقة التباير نسبة الإشارة إلى الضوضاء (RNS) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) على شكل منحنى إذ يحدث تداخل بالقيم للحزمتين الحمراء والزرقاء ولتأخذ نفس القيمة (2.3) و للحزمة الخضراء تأخذ القيمة (0.7) عند الزمن (5) ثم تزداد بزيادة الزمن وتنخفض بقيم متقاربة إلى (3) للحزمة الحمراء و(2.9) للحزمة الزرقاء وإما بالنسبة للحزمة الخضراء فتأخذ القيمة (0.8) عند الزمن (20) وكما مبين في الشكل (4).

وعند زيادة قطر الانحناء إلى ( $R = 2.415$  cm) نجد بان العلاقة بين معدل الشدة للبقعة الليزرية ( $\mu$ ) وزمن تقطيع الصورة تأخذ الشكل المنحني ليسجل اعلى قيمة للحزمة الحمراء (120) إما بالنسبة لحزمتي الزرقاء والخضراء فتكون (10،40) عند الزمن (5) ثم تبدأ بالانخفاض بزيادة الزمن لتصبح (131) للحزمة الحمراء إما الحزمتين الزرقاء والخضراء فسجلت (18،53) عند الزمن (20). أظهرت النتائج وجود علاقة شبه خطية بين الانحراف المعياري ( $\sigma$ ) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) حيث تزداد بزيادة الزمن بحيث نلاحظ أن الحزمة الحمراء تأخذ قيمة (57) إما بالنسبة لحزمتي الزرقاء والخضراء فكانت (15،20) عند الزمن (5) ثم بزيادة الزمن تأخذ قيم الانحراف المعياري بالزيادة فتصبح للحزمة الحمراء (63) و لحزمتي الزرقاء والخضراء (17،24)، إما العلاقة بين نسبة الإشارة إلى الضوضاء (RNS) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) فظهرت على شكل منحنى التباير يبدأ بالزيادة ومن ثم تقارب بالقيم لحزمتي الحمراء والزرقاء بزيادة الزمن ليصل إلى أعلى قيمة للحزمة الحمراء (2.4) و للحزمة الزرقاء (2.3) إما للحزمة الخضراء فتأخذ القيمة (0.7) عند الزمن (10) ويستمر بالانخفاض والتقارب ليصبح (2.2) للحزمة الحمراء و (2.2) للحزمة الزرقاء أما بالنسبة للحزمة الخضراء فكانت (0.8) عند الزمن (20) وهكذا نحصل على منطقة تشاكه أعلى من الليف السابق وكما مبين في الشكل (4).

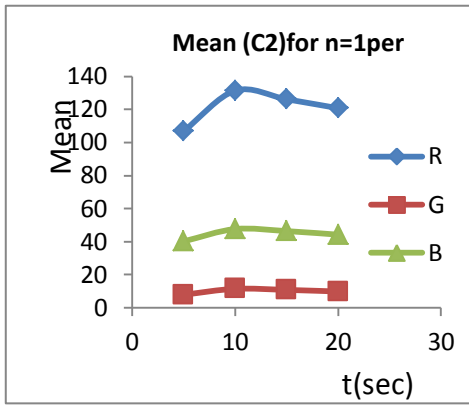
ولقطر الانحناء ( $R=7.1 \text{ cm}$ ) تم أيجاد نجد علاقة عكسية التغيرات بين معدل الشدة للبقعة الليزرية ( $\mu$ ) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) بحيث تكون قيمة معدل الشدة للبقعة الليزرية للحزم الحمراء والزرقاء والخضراء ( 188، 75، 46) عند الزمن (5) وعلى التوالي تبدأ هذه القيم بالانخفاض كلما زاد الزمن حتى تصل إلى القيمة (171) للحزمة الحمراء و(43،65) لحزمتي الزرقاء والخضراء. إما العلاقة بين الانحراف المعياري ( $\sigma$ ) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) فكانت ا شبه بالخطية وتزداد بزيادة الزمن فتصبح قيمة الحزمة الحمراء (62) إما بالنسبة لحزمتي الزرقاء والخضراء فهناك تداخل بين القيم فتأخذ نفس القيمة (37) عند الزمن (5) وتستمر بالزيادة حتى تأخذ القيمة (71) للحزمة الحمراء، إما بالنسبة لحزمتي الزرقاء والخضراء فكانت (39). و علاقة التغيرات بين نسبة الإشارة إلى الضوضاء (RNS) وزمن تقطيع الصورة ( $t$ ) فظهرت على شكل منحنى يبدأ بالزيادة ويأخذ أعلى قيمة للحزمة الحمراء (3) إما لحزمتي الزرقاء والخضراء (1.9، 1.1) عند الزمن (5) وتبدأ قيمة نسبة الإشارة إلى الضوضاء بالانخفاض والارتفاع التقريبي بالقيم مع زيادة المنحنى فتصبح للحزمة الحمراء (2.8) إما للحزمتين الزرقاء والخضراء (1.9، 1)، نلاحظ مما سبق أن ازدياد معدل الشدة للحزمة الحمراء والحصول من خلاله على منطقة ذات تشاكة عالي لضوء الليزر النافذ وكما موضح في الشكل (4).

## الاستنتاجات

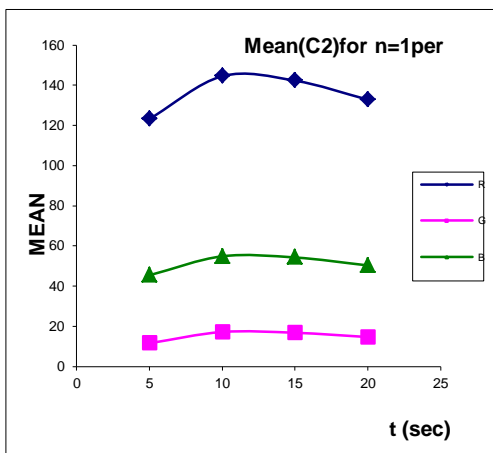
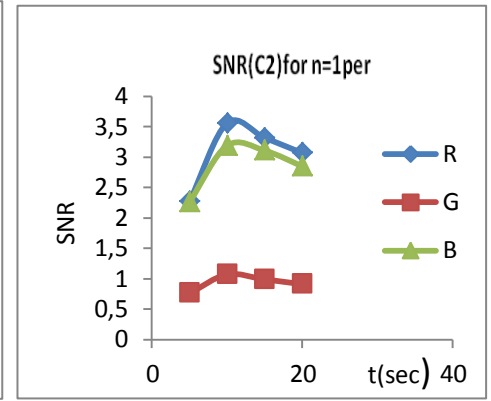
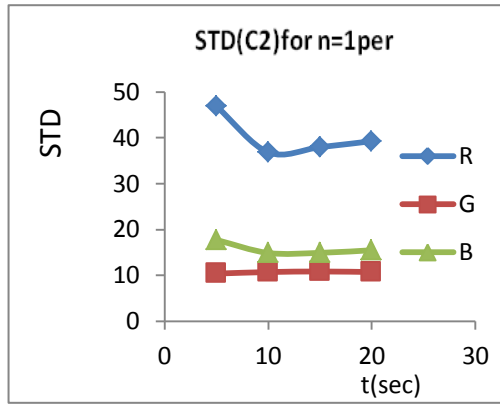
من خلال النتائج التي حصلنا عليها من هذه الدراسة، يمكن الاستنتاج بأن:

- 1- معدل الشدة لصورة البقعة الليزرية ذات قيم أكثر من تلك لمعدل الانحراف المعياري ونسبة الإشارة إلى الضوضاء وذلك يعطي مدلولاً بالنسبة للون الأكثر أسهاماً.
- 2- نجد بان معدل الشدة لحزمة الأحمر تكون اكبر من حزمتي الأزرق والأخضر و بغض النظر عن اختلاف قطر الانحناء لليف البصري وذلك لان الليزر المستخدم ذا لون احمر ويعمل ضمن المدى المبين أعلاه فتكون هناك مشاركة ضعيفة للحزم اللونية الأزرق والأخضر .
- 3- عند اللفة الأولى من الليف البصري و بزيادة قطر الانحناء لليف تزداد الإحصائيات الرقمية للصورة ( معدل الشدة  $\mu$ ، معدل الانحراف المعياري STD، نسبة الإشارة إلى الضوضاء SNR) التي تكون متغيرة مع زمن تقطيع الصورة الليزرية ( $t$ ).
- 5- تم الحصول على منطقة تشاكة عالي لضوء الليزر النافذ لحالة قطر الانحناء (7.1 cm) وبذلك يكون هو الأفضل من باقي القيم المستخدمة (77.1 m، 2.415 cm).

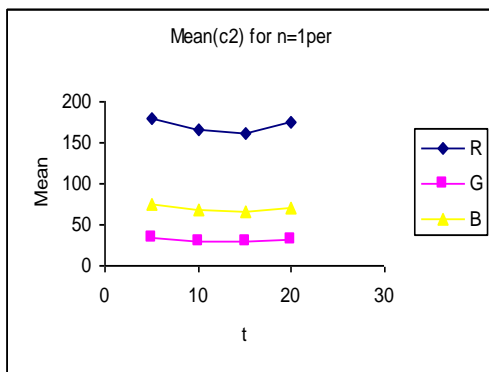
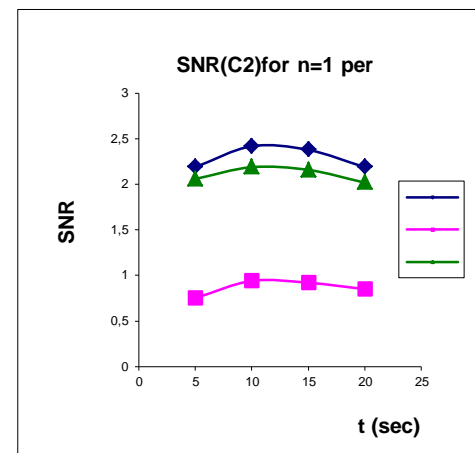
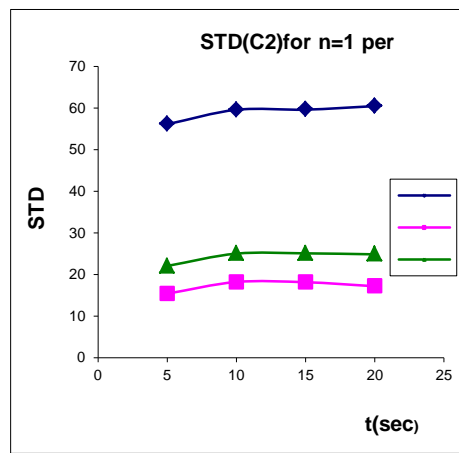




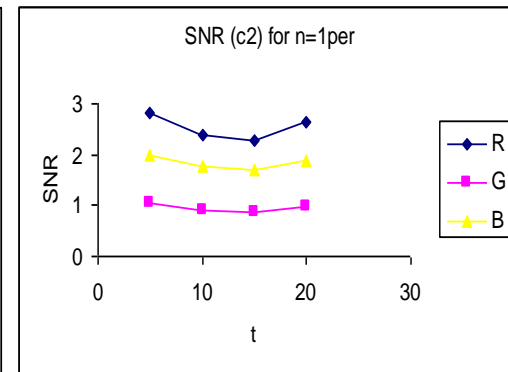
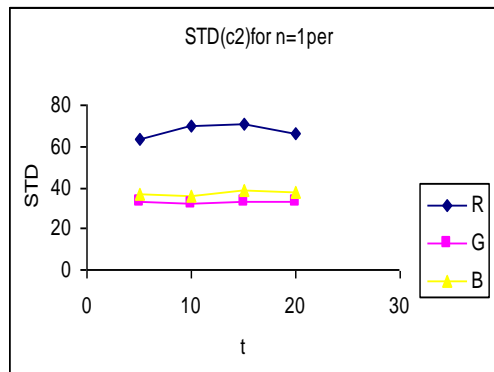
c77 .1= R m



R= 2.415cm



R=7.1 cm



شكل(4)العلاقة بين الإحصائيات الرقمية وزمن تقطيع الليف البصري عند اللفة الأولى من الليف البصري ولعدة أقطار مختلفة

## References

## المصادر

- 1- D.R. Goff , " Fiber Optic Reference Guide" , Focal Press 3rd ed . : Woburn , Massachusetts , 2002.
- 2- A. Hasegawa “ Theory of information transfer in optical fibers”,: A tutorial review, optical Fiber.,Vol.10,No.10,PP.(150-170), (2004).
- 3- G.P. Agrawal, “ fiber -optic communication systems” , Wiley and Sons, Inc. Rochester, (2002).
- 4- J. A. Buck, " Fiber Optics Hand Book , Fiber , Devices and Systems For Optical Communications " , MC Graw – Hill Telecom Engineering , 2002 .
- 5- D. Knipp , " Photonics and Optical Communication " , Optical fibers , Course number 300352 , , <http://WWW.faculty.iu-bremen.de/course/c320352/> ,Spring 2005.
- 6- [http : // WWW. tpub . com \ neets \ tm \ 106 – 14 . htm \ Attenuation . htm](http://WWW.tpub.com/neets/tm/106-14.htm) , " Electrical Engineering Training Series " 2007 .
- 7- M.M. Kang., "Principles and Applications of Optical Communications" , John Wiley and Sons , Newyork , 1996 .
- 8- J .G . Luizuelho , "*Image Processing for Computer Graphices*" , C. Springer – Verlage , New York ;Inc ,1997.
- 9- B. Wihelm and J. Mark , "*Digital Image Processing approach using java* " , Springer ISBN1846283795, (2007) .
- 10- C. Rafal , E.Richard , "*Digital Image Processing* " , (1992) .
- 11- T.Ian. , G.Jonj , J. Lucas, "*Fundamentals of Image Processing* " , (1995) .
- 12- M. Young , "*Optics and Laser* " ,Springer –Verlage , Berlin Heideberg New York 5-th ed . , 2000.