

تحديد أبعاد الأجسام المجهولة الغاطسة في الماء

سماهر وحيد هاشم علي عبد داود الزكي*

وزارة التربية / مديرية تربية واسط

*الجامعة المستنصرية / كلية العلوم / قسم الفيزياء

Determine the dimensions of objects of unknown submersible in water

Samaher W. Hashim and Ali Abid D. AL- Zuky

Abstract

The measuring systems of dimensions of the immersed objects in water that base on the using of the digital camera are widely spread nowadays, especially in the robotic systems, because they are easy to install, fast, safe, inexpensive, and sufficiently accurate as compared with other complicated measuring systems that using the laser or electromagnetic sensors. This study deals with using a digital camera to determine objects ranges and dimensions of under water. In this study, we were able to find the dimensions of the target of under water at different angles and different heights of the water and all of these results were completed using the program Matlab.

المستخلص

الاعتماد على استخدام آلة التصوير الرقمية في قياس مسافات الأجسام الغاطسة تحت الماء انتشر بشكل واسع في الآونة الأخيرة ، لاسيما في الأنظمة الروبوتية ؛ لقلة تكلفتها ، وسهولة تركيبها ، وسرعتها ، وكونها آمنة ودقيقة بما فيه الكفاية بالمقارنة مع أنظمة القياس المعقدة الأخرى، التي تستخدم الليزر أو المتحسسات الكهرومغناطيسية. لذا توجهن في دراستنا الحالية إلى استخدام كاميرا رقمية في تحديد أبعاد ومدى الأهداف الغاطسة في الماء ، وفي هذه الدراسة تمكنا من إيجاد أبعاد الهدف تحت الماء بزوايا مختلفة وارتفاعات مختلفة للماء وجميع هذه النتائج أنجزت باستخدام برنامج Matlab.

المقدمة

الأقل استكشافاً من قبل البشر، ولفهم العمليات تحت الماء أهمية كبيرة لصحة كوكبنا (2). يتم تطبيق الرؤية الحاسوبية تحت الماء في حزمة واسعة من المهام، بما في ذلك العمليات الآلية وشبكات الأسلاك وخطوط الأنابيب التي يصعب الوصول إليها من قبل البشر (3) ، لذلك أصبح النظام الآلي تحت الماء أو نظام المتحسسات للعالم المائي التي تعمل بشكل آلي مهم جداً في العديد من التطبيقات والمراقبة تحت الماء ، بالرغم من ذلك فأنه هناك صعوبات كبيرة في

إنَّ استكشاف الأنشطة وفهمها تحت الماء والتحقيق فيها تكتسب أهمية كبرى على مدى السنوات القليلة الماضية ، اليوم العلماء حريصون على استكشاف العالم الغامض تحت الماء ، ومع ذلك فإنَّ المنطقة مازالت تفتقر في معالجة الصور و تقنيات تحليل الأساليب التي يمكن استخدامها لتحسين جودة الصور تحت الماء (1)، المحيطات تغطي أكثر من 70% من الأرض و الى الآن فإنَّ هذه البيئة هي

مراقبة العالم تحت الماء وباستخدام الانظمة البصرية (آلة التصوير) لأسباب عديدة (4,5) :

1. **توهين الضوء في الماء** : شدة الضوء تتوهن وتتناقص بشكل سريع كلما مر الضوء بعمق أكثر في الماء وذلك بسبب امتصاص الضوء والذي يعتمد على الطول الموجي للضوء، وهذا التناقص يختلف من لون إلى آخر، وعلى سبيل المثال فالضوء الأحمر يتوهن أكثر من الضوء الأزرق في الماء (5,6) ، وهذا ما نلاحظه في الشكل 1 (a) في البيئة المائية نلاحظ أن اللون الأحمر هو الموهن و لا يمكن ملاحظته فيها ، بالرغم من أن اللون الأزرق يمكن ملاحظته ، اما على اليابسة فنلاحظ اللون الأحمر موجود في عنق الشخص في الصورة كما في الشكل 1 (b) وبالتالي يصبح من الصعب تصنيف أو معرفة الكائنات في المياه من خلال مراقبة ألوانها والقوام .

2. **تأثير انكسار الضوء**: يختلف معامل الانكسار من وسط إلى اخر اذا اختلفا في الكثافة الضوئية، فإذا كانت الكاميرات والأهداف في وسطين مختلفين في الكثافة الضوئية ، فسيكون معامل الانكسار مختلفاً ايضاً ، وبالتالي لا يمكن تحقيق دقة الأداة والشكل 1 (c) يظهر لنا صورة الجسم وهو داخل اناء مملوء إلى النصف بالماء فيلاحظ اختلاف بين اسفل الجسم (الجزء الغاطس في الماء) و اعلاه (الجزء غير الغاطس في الماء) بسبب اختلاف الكثافة الضوئية بين الهواء والماء ونلاحظ ان حجم الجسم في الماء اكبر منه خارج الماء.

3. **ضوضاء العرض**: هذه المشكلة تتعلق بالمواد العالقة ، مثل أصوات الفقاعات والأسماك الصغيرة والأحياء الصغيرة ،فإنها قد تسبب اضطراب في مجال رؤية الكاميرا كما في الشكل 1 (d).



(b) صورة في الهواء



(a) صورة في الماء



(d) ضوضاء العرض



(c) آثار الانكسار

الشكل (1): أمثلة من الصور المائية (5) .

• الباحث Dao T.D. (2008) اقترح خوارزمية لمعالجة المشاكل التي ترتبط بالتصوير تحت الماء ، وتتألف الخوارزمية.

هناك العديد من الدراسات السابقة التي عنيت بدراسة تحديد مديات الأجسام وابعادها :

البيوت ، وعملية تمثيل الواقع بشكل هندسي دقيق تعد عملية مهمة في العديد من التطبيقات ، بالرغم من أن ذلك غير ممكن أحياناً ، فمثلاً لا يمكن تحضير رسم المدينة بقياساتها الحقيقية، كما أنه لا يمكن تحضير رسم بيت أو مبنى بقياساته الحقيقية ، لذا يستخدم أسلوب محاكاة للعالم الحقيقي إلى عالم مصغر ضمن نفس نسب الأبعاد و القياسات ، ولكي يمثل الواقع بأكبر قدر من الدقة، نحرص أن تكون النسب بين الأطوال المختلفة في التمثيل هي بالضبط نفس النسب بين الأطوال المناظرة لها في الواقع (11) ، وب نفس الأسلوب إذا كان الجسم في الواقع صغيراً للغاية، فيمكن تكبيره بالميكروسكوب ، أو بالرسم ، أو بالتصوير لكي يتسنى لنا التمتع في تفاصيله (10) . أذن عامل التدرج يعرف بأنه النسبة بين الأبعاد الطولية في الواقع إلى الأبعاد الطولية في تمثيل الجسم على شكل صورة أو خريطة وحسب العلاقة التالية: (1)

$$scf = \frac{Lr}{Ls}$$

حيث :

Scf : تمثل عامل التدرج ، Lr : تمثل طول الجسم الحقيقي ، Ls : تمثل طول الجسم في فضاء المحاكاة.

الجزء العملي

يمكن تقسيم هذا العمل إلى ثلاثة أجزاء كما يلي :

- الجزء العملي: تهيئة منظومة تصوير لأجسام غاطسة تحت الماء في أعماق مختلفة.
- الجزء البرمجي: استخدام برنامج Matlab لبناء خوارزميات تعتمد على الإعدادات الهندسية لمنظومة التصوير المقترحة.
- تطبيق البرمجيات المقترحة في المعالجة واستخراج النتائج واعتماد برنامج Table curve 2-D لغرض أيجاد النماذج الرياضية التي تتطابق مع البيانات العملية لعدة حالات.

مكونات منظومة تصوير الأجسام الغاطسة تحت الماء :

- آلة تصوير رقمية (High Definition Sony) المبينة في الشكل (2) والمواصفات الخاصة بها في الجدول (1)

- من ثلاث خطوات رئيسية : الأولى زيادة التباين والسطوع ومعدارية الصورة ، والثانية : معادلة المخطط التكراري لتحسين تباين الصورة تحت الماء ، والثالثة : إزالة الضوضاء التي تنتجها المناطق ذات التباين الصغير (7).

- الباحث Ming-Chin L (2010) دراسته تمثل نظام أساس الصورة لقياس مديات وابعاد الجسم قيد الدراسة في مجسم مائل يعتمد تنوع عناصر الصورة (البكسل pixel) في صور الشريحة CCD للكاميرات الرقمية عبر الرجوع إلى نقطتين مصممتين اعتباطيا في مستوى الصور والمعتمدة على تأسيس علاقة بين إزاحة حركة الكاميرا على طول اتجاه التصوير الفوتوغرافي والاختلاف في حسابات عناصر الصورة (البكسل pixel) للنقاط المرجعية في الصور (8).

- الباحث Zhou Xu – yan (2010) قام بتصميم نظام التصوير الضوئي للرواسب تحت الماء وعادة ما يواجه التصوير تحت الماء مشكلات عدة منها مشكلة انحراف اللون الذي يؤدي إلى تدهور جودة الصورة وتشوهها ، وهذا الانحراف ناتج من اختلاف معامل الانكسار ؛ بسبب اختلاف كثافة الوسطين الماء والهواء ، ولتغلب على هذه المشكلات ومعالجة نظام الاضاءة تحت الماء تم في هذا البحث تصميم نظم الاضاءة النشطة ، وتحليل التصوير البصري ، ومسافة التصوير ، ومصدر الضوء ، وزاوية الكاميرا ، وامتصاص الضوء في الماء ، وتغيير معامل الانكسار ، وهذا النظام مصمم للتصوير الضوئي تحت الماء (9).

- الباحثة Marwa .M.A عام (2013) قامت بتخمين مدى الأجسام وأبعادها بالاعتماد على موديل الكاميرا و المشهد ، ومن خلال حساب عامل التدرج تمكنت من أيجاد موديلات رياضية تربط بين المسافة الحقيقية للجسم وأبعاد الجسم ودرجة تكبير الكاميرا (10).

عامل التدرج

يمكن تمثيل الواقع بطريقة التصغير، كما في الخرائط أو في التصاميم أو في رسوم مخططات



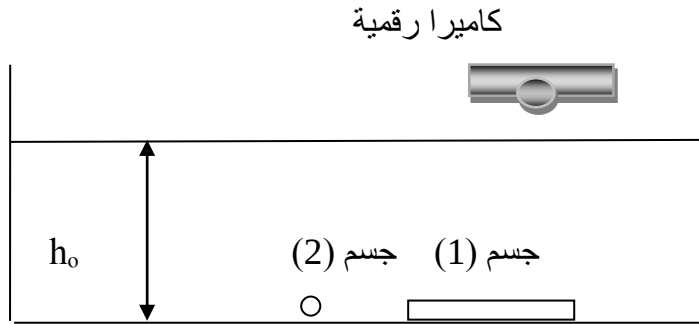
الشكل (2): آلة تصوير رقمية نوع Sony

جدول (1) : مواصفات كاميرا سوني الرقمية

استشعار الصورة	2.5/1 بوصة 5.0 ميغا بكسل استشعار CMOS
بكسل فعال	5.03 ميغا بكسل (1944×2592)
وسائط تخزين	ذاكرة فلاش المدمجة ب 32ميغابايت تأييد بطاقة الذاكرة الرقمية وبطاقة SDHC
عدسة	عدسة مثبتة F/3.2 , f=7.5mm
مدى التركيز	عادي: ~1.2 m إلى اللانهاية المأكرو : 20 cm
صورة ثابتة	الصيغة: JPEG (EXIF , DPOF) الدقة: 16MP , 8MP , 5MP, 3MP وضع المشهد : تلقائي
مقطع فيلم	الصيغة: H.264(MOV) الدقة: HD (1280 × 720 / 30 fps) WVGA (848 × 480 / 60fps) WEB (320 × 240 / 30fps)
زوم رقمي	وضع الصورة الثابتة : 3× وضع اللعب : 8× (اعتمادا على حجم الصورة)
عرض شاشة LCD	3.0 انج شاشة لوحة اللمس (16:9)
واجهة الربط	رابط الإخراج الرقمي : USB 2.0 عالي السرعة (480Mbps ماكس) MIC مدخل , مكبر الصوت HDMI USB DC IN
سرعة الغالق	غالق الكتروني 1 ~ 1/8000 ثانية

استخدم في هذه الدراسة كاميرا سوني الرقمية Sony High Definition , في الحالة الأولى وضعت الكاميرا بزاوية (0) مع الجسم (المحور البصري للكاميرا والمشاهد عمودي على المستوى الذي يحتوي الجسم في الماء) والشكل (3) يبين مخطط الحوض الزجاجي الذي تم فيه التصوير.

- حوض زجاجي أبعاده (, 100 cm , 60 cm , 60 cm).
- جسم أبعاده (, 19.6 cm , 9.5 cm , 0.7 cm).
- أدوات قياس (شريط متري , مقياس زوايا , مسطرة (81 cm)).
- جسم غير معلومة أبعاده.



الشكل (3): تصميم الحوض الزجاجي الذي تم فيه التصوير

بالكسل (لكل صورة باستخدام خوارزمية تم بناؤها لهذا الغرض ويتم ذلك عن طريق تحديد الطول بين طرفي الجسم (الصورة) يدويا باستخدام مؤشر الحاسوب ، الشكل (5) يبين لقطة شاشة من البرنامج الذي تم بناؤه في هذه الدراسة بلغة الماتلاب. ثم قمنا بتغيير زاوية الكاميرا مع الجسم $\theta = 30$ وتم التقاط صور للجسم في كل حالة يتغير فيها ارتفاع الماء كما في الحالة السابقة. والشكل (6) يبين مجموعة من الصور لهذه الحالة.

جسم (1) قطعة سيراميك مستطيلة الابعاد , جسم (2) جسم غير معلوم الابعاد وتم التقاط صورته للجسم عندما كان ارتفاع الماء (0) , ثم تم تغيير ارتفاع الماء

$$Lw = (10 \text{ cm} , 12 \text{ cm} , \dots , 28 \text{ cm})$$

وتم التقاط صورة للجسم في كل حالة تغير للماء والشكل (4) يبين مجموعة من الصورة لهذه الحالة ثم تم قياس طول الجسم في الصورة (طول الجسم



ارتفاع الماء (12cm)

ارتفاع الماء (10cm)

ارتفاع الماء (0cm)



ارتفاع الماء (18cm)

ارتفاع الماء (16cm)

ارتفاع الماء (14cm)



ارتفاع الماء (24cm)

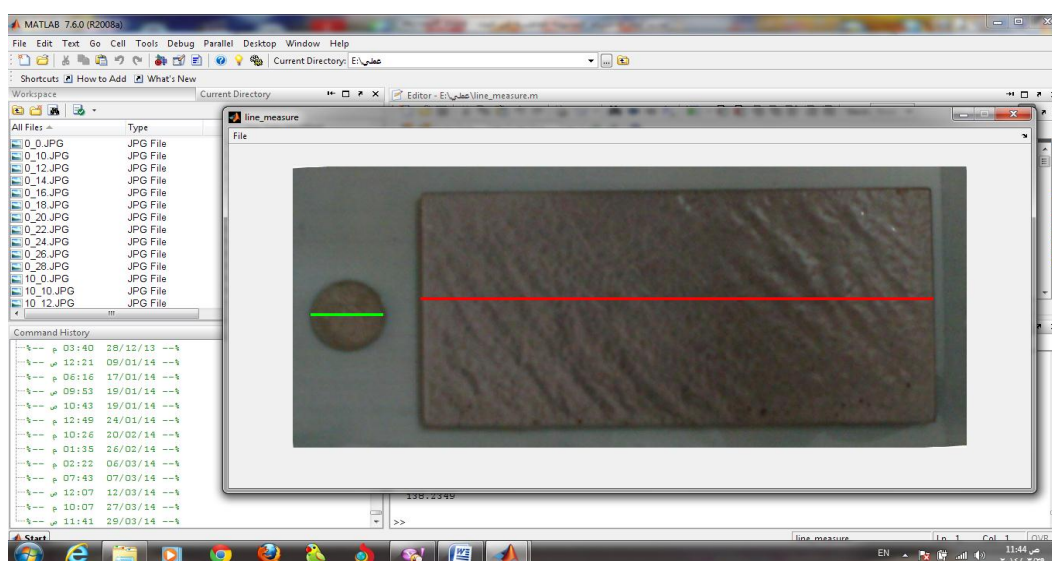
ارتفاع الماء (22cm)

ارتفاع الماء (20cm)



ارتفاع الماء (26cm) ارتفاع الماء (28cm)

الشكل (4): مجموعة من الصور عندما الزاوية (0) وبمستويات مختلفة للماء



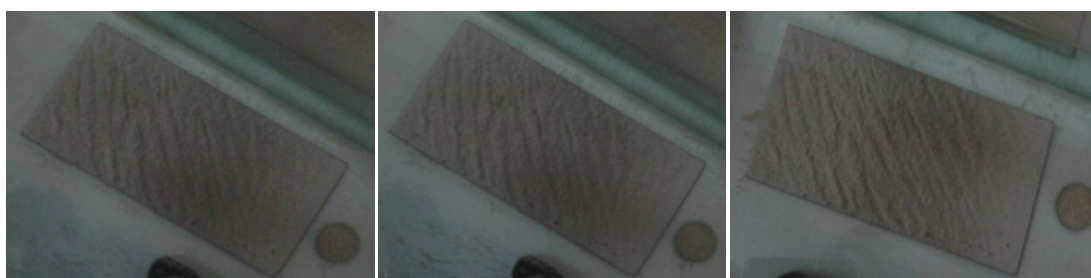
الشكل (5): نقطة شاشة من برنامج الذي تم بناؤه في هذه الدراسة باستخدام لغة الماتلاب



ارتفاع الماء (12cm)

ارتفاع الماء (10cm)

ارتفاع الماء (0cm)



ارتفاع الماء (18cm)

ارتفاع الماء (16cm)

ارتفاع الماء (14cm)



ارتفاع الماء (24cm)

ارتفاع الماء (22cm)

ارتفاع الماء (20cm)

الشكل (6): مجموعة من الصور عندما الزاوية (30) وبارتفاعات مختلفة للماء

الخوارزميات المستخدمة

استخدمنا في هذا البحث الخوارزمية (1) لغرض تحديد طول الجسم بالبكسل للكلصورة ملتقطة للجسم الغاطس تحت الماء .

Algorithm (1) Computation of Object's Length in Pixel

Input: The image of object (Img)

Output: Object's length in pixel (L_p)

Start algorithms

- Open file to load image (Img)
- Read the pair points of object's two ends in the image plane by mouse

1. Pair of object's two ends point

i) Used the property (click mouse) to determine the first point value (x_1, y_1) of one of two object ends in image plane

ii) Used the property (click mouse) to determine the second point value (x_2, y_2) of another object end in image plane

2. Compute the object's length in pixels between point (1) (x_1, y_1) and point (2) (x_2, y_2) using

$$L_p = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

- End algorithm.

وقمنا باستخدام الخوارزمية (2) لغرض تحديد عامل التدرج لكل صورة ملتقطة للجسم الغاطس تحت الماء.

Algorithm (2) Computation of Object's Length in Pixel

Input:

- 1- The image of object (Img)
- 2- The real length between the two ends of object $L_r = 19.6 \text{ cm}$

Output:

- 1- Object's length in pixel (L_p)
- 2- Scale factor (Scf)

Start algorithms

- 1- Open file to load image (Img)
- 2- Read the pair points of object's two ends in the image plane by mouse

2.1 Pair of object's two ends points

- i) Used the property (click mouse) to determine the first point value (x_1, y_1) of one of two object ends in image plane
- ii) Used the property (click mouse) to determine the second point value (x_2, y_2) of another object end in image plane

2.2 Compute the object's length in pixels between point (1) (x_1, y_1) and point (2) (x_2, y_2) using

$$L_p = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

2.3 Compute scaling factor for this image using:

$$Scf = \frac{L_r}{L_p}$$

- 3- End algorithm.

النتائج والمناقشة

, تمكنا من إيجاد أبعاد الهدف الحقيقية (L_{rt}) عندما ,
 (2) من العلاقة (2) وتمت مقارنة
 النتائج التي تم الحصول عليها مع النتائج النظرية
 والجدول (2) يبين هذه النتائج.

$$scf = \frac{L_{rt}}{L_p} (2)$$

بعد تطبيق البرنامج الذي تم بناؤه باستخدام
 الخوارزمية (1) والخوارزمية (2) والتي تم بناؤها
 باستخدام لغة الماتلاب على الصور الملتقطة لأعماق
 مختلفة وإيجاد عامل التدرج scf للجسم المعلومة
 أبعاده وإيجاد طول الهدف (قطعه النقود) بالبكسل
 L_p

جدول (2) : مقارنة بين القيم النظرية والقيم العملية لطول الجسم تحت الماء

θ	h cm	scf	L_p (pixel)	Estimated object length (cm)	Real object length (cm)	percentage error
0	0	0.0196	142.5079	2.7932	2.8	0.243%
30	18	0.0188	149.1524	2.8041	2.8	0.146%

ثم تم حساب عامل التدرج scf للصور الملتقطة
 للأجسام وبأعماق مختلفة ورسمت العلاقة بين العمق
 و scf عند الزاوية ($\theta = 10$) و ($\theta = 30$)

باستخدام برنامج Table curve 2-D لاستنتاج
 أفضل دالة تمثل هذه الحالة كما في الشكل (7).

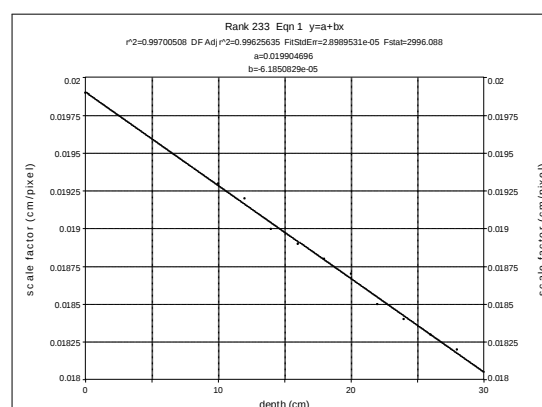
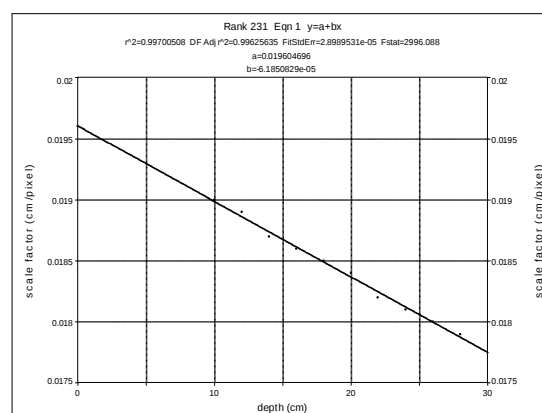
من الشكل (7) نلاحظ بان عامل التدرج يتغير
 بشكل خطي مع العمق حيث كلما زاد العمق قل
 عامل التدرج وهذا يدل على زيادة حجم صورة
 الجسم كلما زاد عمق السائل الذي غمر به الجسم.

حيث تم استنتاج العلاقة الخطية بين العمق h
 مع عامل التدرج scf كما يلي:

$$y = a + b (x) \quad (3)$$

$$Scf = a + b (h)$$

أن قيم a , b هي ثوابت تتغير بتغير زاوية
 الكاميرا (θ) , و قيم a , b كما موضح في الجدول
 (3) مع عامل الترابط والذي يعطي درجة التقارب
 بين الدالة والبيانات العملية.



الزاوية (0) الزاوية (30)

الشكل (7): المنحنيات النهائية لعامل التدرج كدالة لعمق الجسم تحت الماء

جدول (3) : المؤثرات في المعادلات النهائية بين عامل التدرج وعمق الماء

angle	a-parameter	b-parameter	r ² -parameter (correlation)
0	0.019604696	- 6.1850829e-05	0.99625635
30	0.019904696	- 6.1850829e-05	0.99625635

تم حساب الطول الحقيقي للجسم L_{rt} في الحالتين (30 , 0) θ وتمت مقارنتها مع القيم النظرية للجسم والجدول (4) يبين هذه النتائج.

جدول (4) : مقارنة بين القيم النظرية والقيم العملية لطول الجسم تحت الماء

θ	$h(cm)$	Estimated object length (cm)	Real object length (cm)	percentage error
0	0	2.7938	2.8	0.221%
30	18	2.8028	2.8	0.1%

الاستنتاجات

أو بالاعتماد على عمق الجسم الغاطس في الماء وبأسلوب بسيط يمكن اعتماده بكفاءة في الانظمة الروبوتية وحسب العلاقة التالية :

$$L_{rt} = (h \times b + a) L_p$$

من النتائج العملية في البحث تمكنا من استنتاج ما يأتي :

- العلاقة خطية تناقصية بين عامل التدرج وعمق الجسم تحت الماء.
- الحصول على طريقة فعالة و كفوءة جديدة يمكن من خلالها إيجاد أبعاد الأجسام المجهولة الغاطسة في الماء بالاعتماد على عامل التدرج وطول الجسم بالبكسل وحسب العلاقة التالية :

$$L_{rt} = scf \times L_p$$

المصادر

proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2007), 4570-4575.

7-Thanh,D.Dao,(2008).

Underwater 3D reconstruction from stereo images, MSC Thesis, Erasmus Mundus in Vision and Robotics, Heriot Watt University (UK).

8-Ming-Chih,L.,et.al.(2010).

Distance and angle measurement of distant objects on an oblique plane based on pixel variation on CCD image, IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (12MTC), pp. 318-322.

9-Zhou Xu-yan , et.al.(2010).On the way to design an optical camera lens for river sediment in underwater imaging Journal : 2010 Third international symposium on intelligent information technology and security information .

10-Marwah M.A.(2013). New approach to estimate object distance and dimensions based on camera scene model Ms.C. Thesis, Department of Physics, College of Science, Al-Mustansiriya University.

11-Cyrus M., Edward S., Paul T. and Richard ,H. (2009) . Correlation-based measurements of camera magnification and scale factor, IEEE Sensor J., 6 (9): 699-706.

1-D. Bryant, L. Burke, J. McManus and M. Spalding,(1998). Reefs at risk: A map-based indicator of threats to the world's coral reefs. World Resources Institute, Washington, PP. 56.

2-K. Iqbal, R. Abdul Salam, A. Osman and A. Talib,(2009). Underwater image enhancement using an integrated colour model, (IAENG) International Journal of Computer Science, 34(2):529-534.

3-G.L.Foresti,(2001). Visual inspection of sea bottom structures by an autonomous underwater vehicle, IEEE Trans. Syst. Man and Cyber, 31, Issue: 5:691-705.

4-E. O. Hulburt, (1945). Optics of distilled and natural water", Journal of the Optical Society of America, 35:689-705.

5-Atsushi Yamashita, Megumi Fujii and Toru Kaneko,(2007). Color registration of underwater images for underwater sensing with consideration of light attenuation, In Proceedings of 2007, IEEE (ICRA) International Conference on Robotics and Automation, Roma, Italy 4570- 4575.

6-Yamashita, A., Fujii, M. and Kaneko,T.(2007). Color registration of underwater images for underwater sensing with consideration of light attenuation,