Text Image Compression and Hiding Using Random Formula in Color Images

Ibaa Samir Jaloud*

(Received 17 / 11 / 2019. Accepted 5 / 7 / 2020)

□ ABSTRACT □

The research suggests a technique for hiding data in order to protect it, and access to good compression ratios for the rapid transmission of data in images, with the possibility of restoring the image with very good accuracy.

In order to compress the data the Run Length Encoding RLE coding method was used, which led to data reduction without losing any image information.

After the compression, the LSB least significant bit method was applied to hide the compressed data using a random formula in the selection of storage locations. The results showed that the algorithm is highly efficient in hiding and compression together, as the compression ratio reached 65%, the PSNR was 57.1639 and it is very good results compared to the previous work.

Keywords: data hiding, compression, Run Length Encoding RLE, Least Significant Bit LSB.

* **Academic Assistant, Department of Computer & Control Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, SYRIA.**

ضغط و إخفاء صور الرسائل النصية في الصور الملونة باستخدام صيغة عشوائية

اباء سمير جلعود*

(تاريخ الإيداع 17 / 11 / 2019. قُبِل للنشر في 5/ 7 / 2020)

□ ملخّص □

يقترح البحث تقنية لإخفاء البيانات من أجل حمايتها، والوصول إلى نسب ضغط جيدة من أجل الإرسال السريع للبيانات في الصور، مع إمكانية استعادة الصورة بدقة جيدة جدا.

تم استخدام طريقة الترميز بطول التعداد RLE لضغط الصورة المخفية ما أدى إلى اختزال البيانات دون فقدان أي من المعلومات، وبعد الضغط تم تطبيق طريقة البت الأقل أهمية LSB لإخفاء البيانات باستخدام صيغة عشوائية في اختيار مواقع التخزين. وقد أظهرت النتائج أن الخوارزمية ذات كفاءة عالية في الضغط والإخفاء معاً، حيث وصلت نسبة الضغط إلى 65% وكانت نسبة الإشارة إلى الضجيج 57.1639 وهي نتائج جيدة جداً مقارنة بالأعمال السابقة.

الكلمات المفتاحية: الإخفاء، الضغط، الترميز بطول التعداد، البت الأقل أهمية.

* **قائم بالأعمال – قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

مقدمة:

أدى النمو المتزايد لتطبيقات الوسائط المتعددة في شبكات الاتصال إلى زيادة الحاجة لتوفير طرق ذات كفاءة عالية تعمل على حماية البيانات والملكية الخاصة للفرد، لذلك كان لابد من ظهور وسائل تعمل على توفير أمن لهذه الوسائط لحمايتها من العبث بها أو تحريفها أو سرقتها أو نشر المعلومات الحساسة منها.

ومن هنا ظهرت الحاجة إلى توفير وسائل أمن المعلومات، أولاهما التشفير Encryption والثانية إخفاء البيانات Steganography [1].

يهدف التشفير إلى إعادة صياغة البيانات السرية بواسطة مفتاح تشفير بحيث تبدو غير مفهومة وبلا معنى ولا يمكن إرجاعها إلى أصلها إلا من قبل مالك مفتاح التشفير، لذلك كان التشفير ولا زال الطريقة الناجحة لحماية البيانات المخزنة والمرسلة عبر الشبكة. ولكن نتيجة فرض العديد من القيود على استخدام التشفير عبر الشبكة ومع الاستخدام المتزايد لشبكات التواصل الاجتماعي وشبكة المعلومات العالمية Internet أصبح من الصعب المحافظة على هذه البيانات لأن صيغة هذه البيانات تبعث الشك لدى الشبكة، لذا توجهت أنظار الكثيرين نحو استخدام التقنية الثانية وهي إخفاء البيانات والتي كانت غايتها الأساسية إزالة ذلك الشك مع ضمان أمن المعلومات Information Security المتبادلة بين طرفين [2], [1].

يكون الإخفاء على صنفين الأول العلامات المائية Watermarking وفيه يتم إخفاء معلومات قليلة مثل التوقيع، علامة الشركة أو ختم المؤسسة لتوثيق المستندات المرسلة، بطريقة يصعب التلاعب بها أو محوها من خلال عمليات المعالجة الصورية مثل الترشيح، التحويلات الهندسية أو إضافة الضوضاء [5],[4],[3].

أما الصنف الثاني فهو الإخفاء الصوري Image Hiding حيث يتضمن إخفاء أكبر ما يمكن من المعلومات المهمة (وثيقة، رسالة، مخططات، صور) داخل ملفات نصوص أو صور بطريقة لا تثير الفضول وإنما تبدو كصور إعلان أو نصوص عادية [6].

ولزيادة حماية الرسائل وتقليل المساحة اللازمة لتخزينها والزمن اللازم لإرسالها عبر الشبكة استخدمت تقنية الضغط Compression كتقنية داعمة لتقنيات الإخفاء المختلفة لما لها من تأثير في تقليل حجم البيانات المخفية الذي ينعكس إيجابا على ناتج عملية الإخفاء[7] .

اقترح البحث طريقة لإخفاء الصور النصية في الصور الملونة بعد ضغطها.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في كونه يقترح خوارزمية تعطي صفة عشوائية لإخفاء صور البيانات النصية في الصور الرقمية الملونة بالاعتماد على طريقة البت الأقل أهمية Least Significant Bit LSB وبالاستفادة من خوارزميات الضغط للتقليل من حجم البيانات.

طرائق البحث ومواده:

1- خوارزمية البت الأقل أهمية LSB :

تعتبر هذه الخوارزمية من أكثر التقنيات بساطة في إخفاء البيانات في الصور الرقمية والفكرة العامة لعملية إخفاء البيانات بطريقة البت الأقل أهمية:

1- يتم اختيار مجموعة عناصر من صورة الغطاء التي سنخفي المعلومات فيها عددها يساوي عدد عناصر الرسالة.

2- يتم استبدال العناصر التي تم اختيارها بعناصر الرسالة السرية حيث يتم إدخال عنصر الرسالة في البت الأقل أهمية من عنصر الصورة الغطاء التي سنخفي المعلومات فيها.

وبالتالي الاختلاف بين خوارزمية وأخرى يكون بحسب طريقة الاختيار للعناصر في الخطوة 1. والمهم أن نعرف ما هي العناصر التي تم اختيارها حتى نستخرج الرسالة السرية من صورة الغطاء لاحقا.

عند استخدام هذه الطريقة يجب أن نعرف الحد الأعلى لعدد البتات في كل بايت في الصورة والذي يمكن أن نخزن فيه –نستبدله– حتى لا تحدث تشوهات في صورة الغطاء التي سنخفي فيها المعلومات [8] .

بينت التجارب أنه عند تطبيق هذه الخوارزمية على صورة 24–bit التي يمثل فيها البكسل ب 24 بت يمكننا استخدام الثلاث بتات الأولى فقط، بينما في الصور8–bit التي يمثل فيها البكسل ب 8 بت فيمكن تعديل بت واحد فقط. لذلك علينا ن نأخذ بعين الاعتبار طريقة تمثيل الصورة.

وفيما يلي شرح بسيط يوضح خطوات هذه الخوارزمية حيث تم استخدام صورة 8–bit :

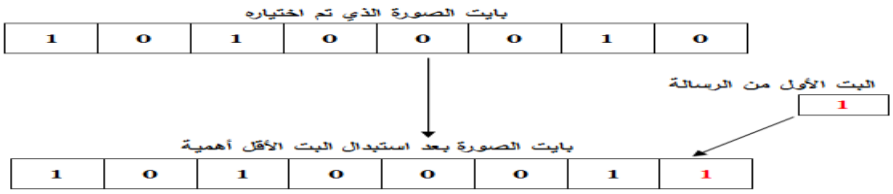
1- تحويل بيانات الرسالة Message إلى الشكل الثنائي.

2- قراءة الصورة الغطاء.

3- تحويل الصورة الغطاء إلى الشكل الثنائي.

4- اختيار البايت الذي سيتم إخفاء الرسالة فيه.

5- استبدل البت الأقل أهمية من هذا البايت ببت الرسالة كما هو موضح في الشكل(1) :



الشكل (1) طريقة استبدال البت الأهمية

6- تكرر الخطوات 4 و5 حتى انتهاء كامل الرسالة.

2- الترميز بطول التعداد Run Length Encoding RLE:

وهو إحدى تقنيات الضغط بدون فقدان البيانات Lossless compression ، وهي من أبسط الطرق وأسهلها وتعد مناسبة جدا للبيانات التي تحوي تكرار كبير. وتتصف هذه الخوارزمية بأنها غير مناسبة من أجل ضغط الملفات النصية لأنها قد لا تحتوي على أحرف متكررة بصورة متتابعة. ولكنها مناسبة جدا من أجل ضغط الصور الثنائية التي

تحتوي على مساحات بيضاء أو سوداء واسعة أو أي نوع من البيانات يحوي تكرار كبير ويمكن استخدام هذه الخوارزمية مع خوارزميات ضغط أخرى [10],[9] .

تعتمد هذه الطريقة على مبدأ تبديل سلسلة من الأصفار ("0 ") والواحدات ("1") بعدد تكرارها في كل سلسلة.

تم في هذا البحث استخدام طريقة RLE وذلك بوضع المعلومات التي يراد ضغطها بالصيغة الثنائية في صف واحد، حيث تبدأ عملية الضغط بالمواقع التي تحتوي على القيمة صفر أولاً، ولإيجاد عدد الأصفار يجب الحصول على أول موقع يحتوي على القيمة واحد عن طريق الإيعاز الآتي :

min(find(im==1))

حيث تمثل im مصفوفة معلومات الصورة.

يتم خزن النتيجة مطروحا منها واحد لتمثل عدد الأصفار، وتكرر العملية بالنسبة لمواقع القيمة واحد، وهكذا حتى نهاية مصفوفة الصورة .

وفيما يلي مثال يشرح الضغط باستخدام RLE:

الجدول (1) طريقة عمل RLE

Image	Looking for	Place	RLE Out
			[]
[001110001]	1	3	[2]
[1110001]	0	4	[2 3]
[0001]	1	4	[2 3 3]
[1]	0	Not found	[2 3 3 1]

1- خوارزمية الإخفاء:

تطبق خوارزمية الإخفاء في طرف الاستقبال وفق الخطوات التالية :

1- كتابة النص السري باستخدام أي محرر نصوص مثل برنامج معالجة النصوص Microsoft Word 2007.

2- تحويل النص المراد إخفاؤه إلى صورة نسميها الصورة المخفية و تحويلها إلى صورة رمادية .

3- زيادة قيم بكسلات الصورة المخفية بمقدار 75 وذلك لزيادة المساحات البيضاء مما يسرع ويسهل عملية الضغط، مع ملاحظة أن هذه القيمة لم تؤثر على وضوح صورة الرسالة وبقي بالإمكان قراءتها.

ويبين الشكل(2) صورة الرسالة المراد إخفاءها، بينما يوضح الشكل (3) نتيجة زيادة المساحات البيضاء في هذه الصورة بتطبيق الخطوة 3.

ضغط و إخفاء صور الرسائل النصية في الصور الملونة باستخدام صيغة عشوائية

الشكل(2)الرسالة المراد إخفاءها

خوارزمية لضغط و إخفاء صور الرسائل النصية في الصور الملونة باستخدام صيغة عشوائية

الشكل(3)الرسالة بعد زيادة المساحات البيضاء

4- تحويل الصورة المخفية إلى شعاع ذو بعد واحد ثم تحويل قيمه إلى نظام الأعداد الثنائية.

5- ضغط المعلومات الناتجة باستخدام RLE .

6- تحويل المعلومات الناتجة إلى نظام الأعداد الثنائية في شعاع وحيد البعد .

7- تقسيم الشعاع إلى ثلاث أجزاء و إخفاءها في المركبات الثلاث (أحمر- أخضر -أزرق) على التتالي من صورة الغطاء باستخدام طريقة البت الأقل أهمية LSB وبصورة عشوائية، حيث تم الإخفاء في بت واحد من بايتات الصورة الغطاء التي سنخفي لبيانات فيها.

8- تنفذ الخطوات التالية من أجل كل جزء من الصورة المخفية والمركبة التي يتم الإخفاء فيها:

- تقسيم كل مركبة إلى أربعة أجزاء.
- تطبيق المعادلة:

$$Y1 = \text{sqrt}(L+0.5) \quad (1)$$

حيث L هو رقم بت الرسالة الذي يتم إخفاؤه.

- اختيار الرقم بعد الفاصلة d(3) من الناتج Y1 وتطبيق المعادلة التالية لتحديد الجزء الذي سيتم الإخفاء فيه ضمن المركبة:

$$part = \text{mod}(d(3),4)+1 \quad (2)$$

- الانتقال خطيا إلى موقع آخر في الجزء الذي تم الإخفاء فيه وذلك باستخدام عداد خاص يزداد بمقدار معين ويشير إلى تسلسل الموقع الذي يتم الإخفاء فيه .

2- خوارزمية فك الإخفاء:

تطبق هذه الخوارزمية في الطرف المستقبل للحصول على صورة النص المخفي وفق الخطوات التالية:

1- قراءة الصورة التي تحوي صورة الرسالة المخفية وأخذ مركبة اللون الأحمر منها ثم يتم في كل بايت منها وضع صفر في جميع البتات باستثناء البت الأول.

2- تحديد البايت الذي تم الإخفاء فيه باستخدام المعادلتين (1) و (2).

3- أخذ البت الأول من البايت المختار ووضعه في مصفوفة أحادية البعد .

4- نكرر الخطوتين 2 و 3 عدد من المرات يساوي عدد بتات الجزء الأول من الرسالة.

5- نعيد تطبيق الخطوات السابقة على مركبة اللون الأخضر للحصول على الجزء الثاني من صورة الرسالة المخفية، وعلى مركبة اللون الأزرق للحصول على الجزء الثالث من صورة الرسالة المخفية.

نجمع أجزاء الصورة الثلاث في شعاع واحد.

6- نطبق خوارزمية فك الضغط RLD.

7- نعيد تشكيل البيانات الناتجة عن خرج RLD لاستعادة صورة الرسالة المخفية.

تم استخدام برنامج الماتلاب لتطبيق هذه الخوارزميات.

النتائج و المناقشة:

لقياس كفاءة الخوارزمية المعتمدة في البحث يجب قياس كفاءة التقنيات المستخدمة فيها أي يجب أن نعرف كفاءة تقنيات الضغط والإخفاء.

أدى استخدام طريقة RLE في الضغط إلى اختزال في حجم البيانات الناتج ومن المعروف إن قياس كفاءة خوارزمية الضغط تعرف من خلال:

$$N = N2/N1$$

حيث: N نسبة الضغط، N1 حجم الملف بعد الضغط، N2 حجم الملف قبل الضغط.

وبالتالي عند إخفاء صورة رسالة من النوع uint8 (كل بكسل يمثل ب 8 بت) بحجم 92x569x3 سنحتاج إلى تحويلها إلى النظام الثنائي. إذ يصبح حجم البيانات الأصلي مساويا 1256352 bit، بينما بعد إجراء عملية الضغط كان حجم البيانات التي سيتم إخفاؤها هو 19200 bit أي تم تحقيق نسبة ضغط % 65، وعند إخفاء صورة رسالة من النوع uint8 بحجم 168x554x3 سنحتاج إلى تحويلها إلى النظام الثنائي. إذ يصبح حجم البيانات الأصلي مساويا 2233728 bit، بينما بعد إجراء عملية الضغط كان حجم البيانات التي سيتم إخفاؤها هو 41952 bit أي تم تحقيق نسبة ضغط % 53.

ولقياس كفاءة الإخفاء تم استخدام مقياس نسبة قمة الإشارة إلى الضجيجPSNR Peak Signal to Noise Ratio الذي يقيس مدى دقة الإخفاء وعدم تمييز النص المخفي في الصورة بالعين البشرية. مقياس PSNR يتضمن حساب مربع الخطأ. والمعرف بالمعادلتين التاليتين :

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{\mathrm{MN}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{M}} \sum_{j=1}^{n} (f_{ij} - g_{ij})^2$$

$$\mathrm{PSNR} = 10\log_{10} \frac{L^2}{MSE}$$

حيث :

M: عدد أسطر صورة الغطاء التي سنخفي فيها المعلومات.

n: عدد أعمدة صورة الغطاء التي سنخفي فيها المعلومات.

f_{ij}: هو عنصر صورة pixel من صورة الغطاء قبل الإخفاء.

g_{ij}: هو عنصر صورة pixel من صورة الغطاء بعد الإخفاء.

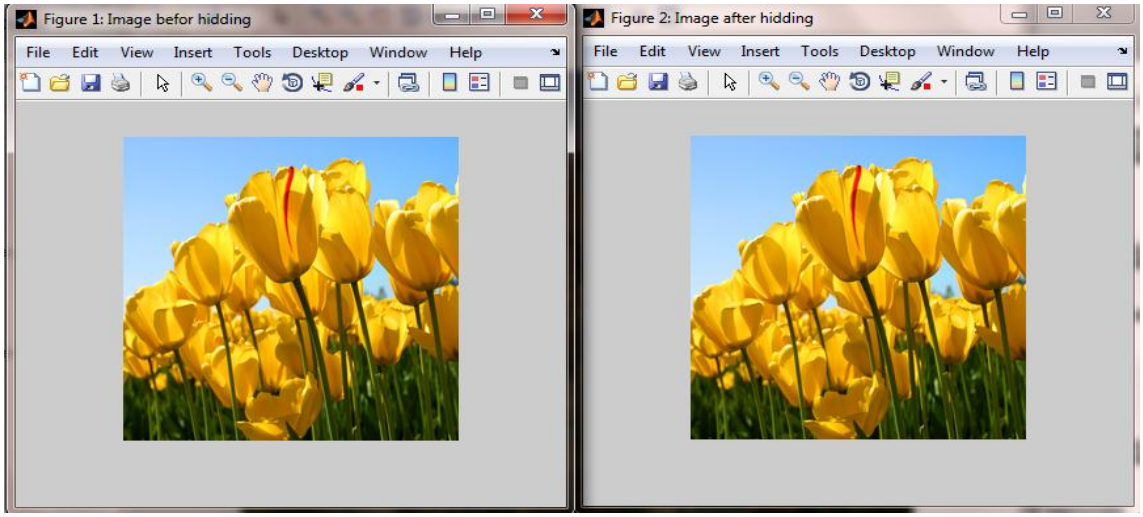
L: هو مستوى قمة الإشارة (في الصورة 8 bits وبالتالي $L = 2^8 = 255$) .

يوضح الجدول (2) قيمة MSE و PSNR للمركبات الثلاث بعد تطبيق عملية الإخفاء على صور غطاء مختلفة وصورتي نصوص مختلفتي الطول وذلك بالترتيب (R–G–B).

الجدول (2) كفاءة الخوارزمية

Image name	Image size	Text length	MSE	PSNR
IMAGE1	2048*2048*3	494	0.1769-0.1664-0.1428	55.6544-55.9204-56.5889
		218	0.1770-0.1666-0.1428	55.6499-55.9147-56.5837
IMAGE2	2048*2048*3	494	0.1668-0.1658-0.1652	55.9094-55.9356-55.9500
		218	0.1670-0.1660-0.1655	55.9023-55.9287-55.9432
IMAGE2	2048*2048*3	494	0.1765-0.1250-0.1249	55.6632-57.1607-57.1639
		218	0.1767-0.1252-0.1252	55.6585-57.1541-57.1541

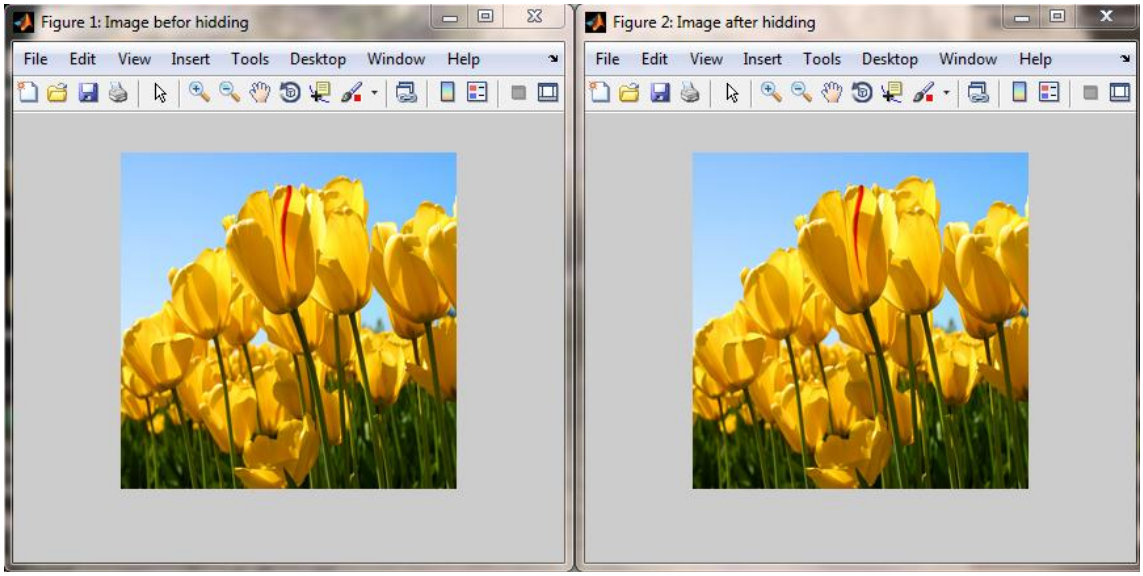
يبين الجدول (2) تأثير الإخفاء على المركبات الثلاث . نلاحظ من الجدول السابق قيمة MSE تتراوح بين 0.1249 و 0.1770 وهي قيم جيدة وقيمة PSNR بين 55.6499 و 57.1639 وهذا يدل على كفاءة الخوارزمية المستخدمة في الإخفاء بالرغم من طول النص المخفي.



الصورة قبل الإخفاء(a) **الصورة بعد الإخفاء (b)**

الشكل(4) إخفاء نص طويل في الصورة الأولى

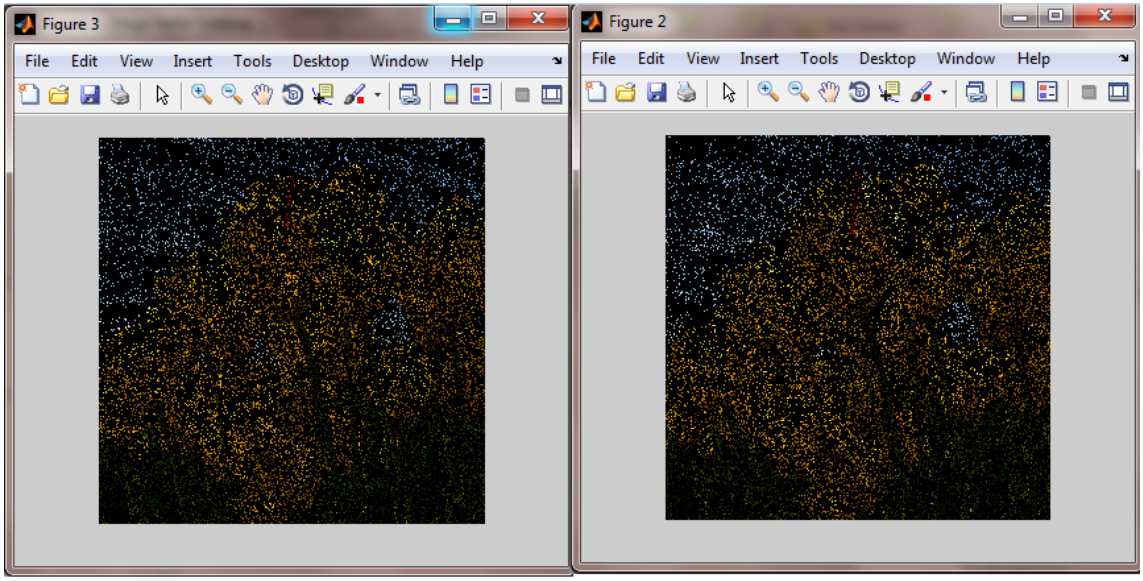
يظهر في الشكل (4) ناتج الإخفاء في الصورة الأولى، حيث لا يمكن التمييز بين الصورتين a , b وذلك عند إخفاء نص طويل.



الصورة قبل الإخفاء(a) **الصورة بعد الإخفاء (b)**

الشكل(5) إخفاء نص قصير في الصورة الأولى

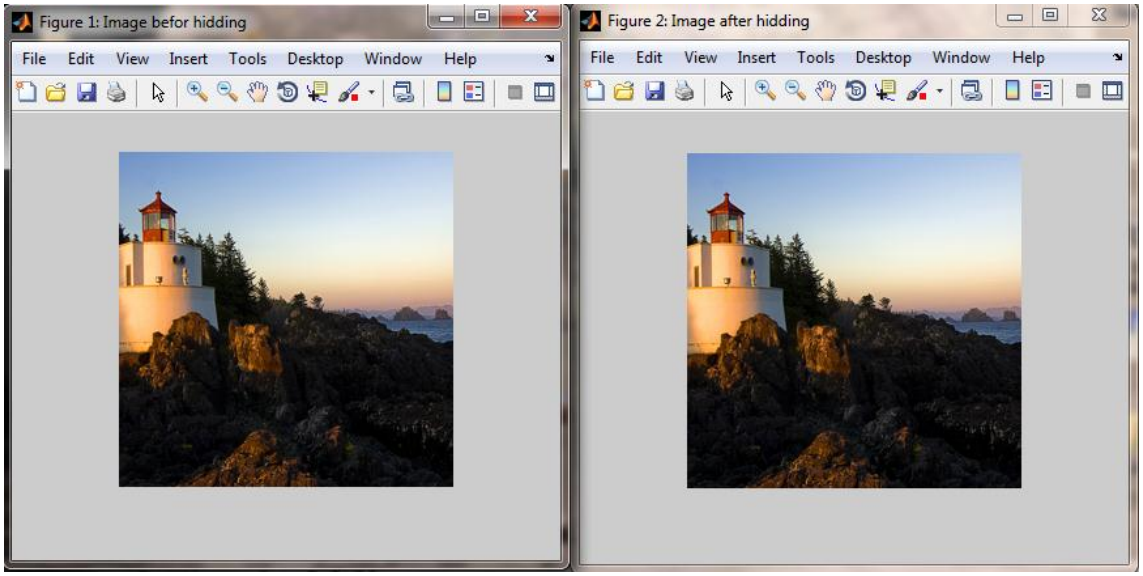
ويظهر في الشكل (5) ناتج الإخفاء في الصورة ذاتها عند إخفاء نص قصير، حيث لا يمكن التمييز بين الصورتين.



مواقع إخفاء نص قصير(a) **مواقع إخفاء نص طويل (b)**

الشكل(6) مواقع الإخفاء في الصورة الأولى

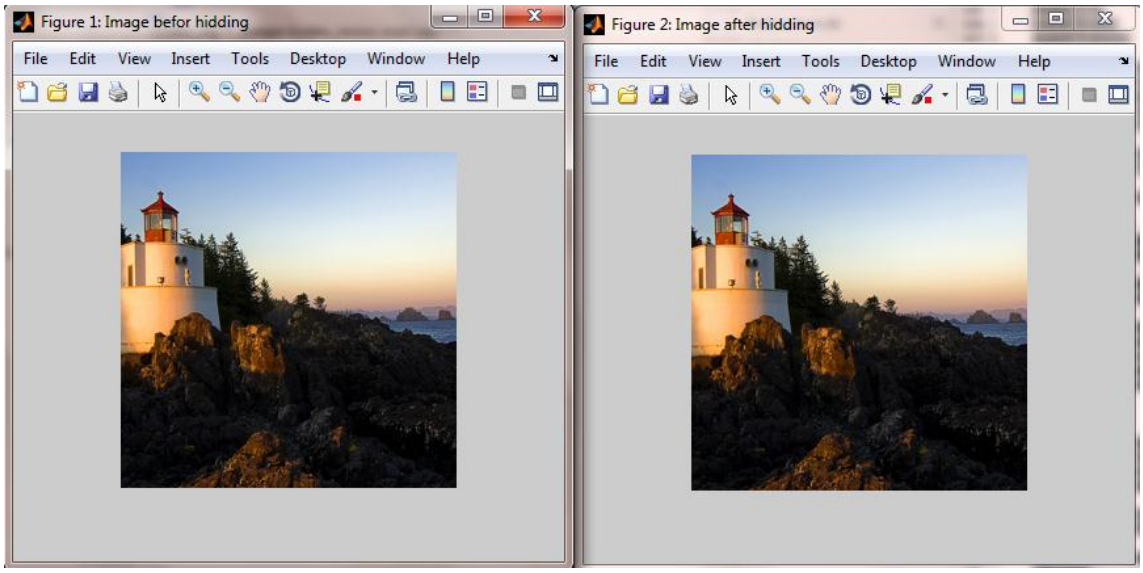
يبين الشكل (6) مواقع الإخفاء في الصورة الأولى وهي النقاط السوداء من الصورة، فالصورة b تظهر مواقع إخفاء النص الطويل وتظهر الصورة a مواقع إخفاء النص القصير.



الصورة قبل الإخفاء(a) **الصورة بعد الإخفاء (b)**

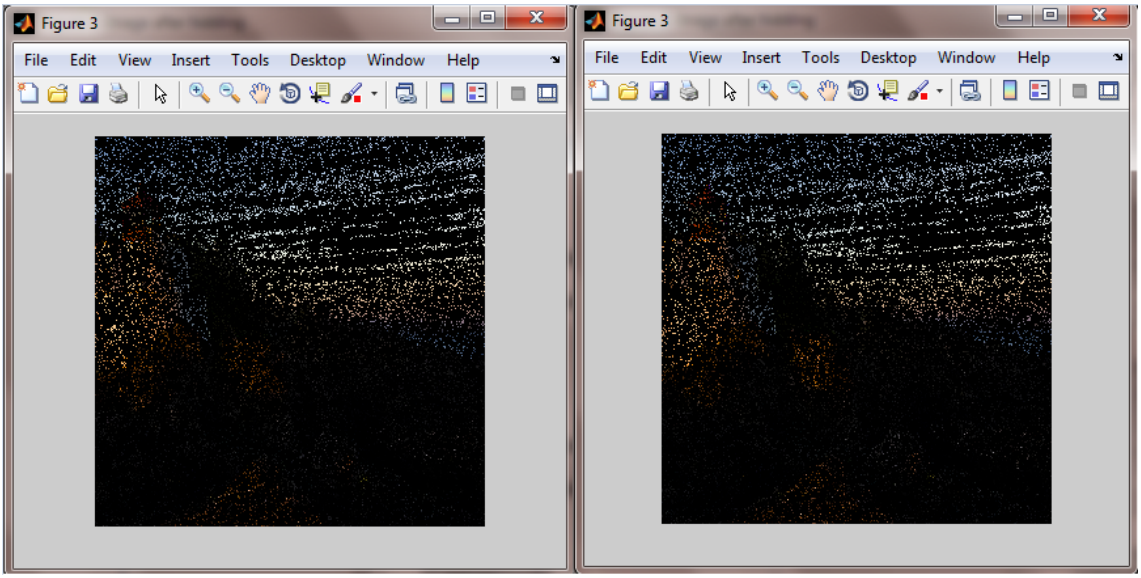
الشكل(7) إخفاء نص طويل في الصورة الثانية

يظهر في الشكل (7) الصورة الثانية قبل وبعد إخفاء نص طويل فيها، وفي الشكل (8) تظهر هذه الصورة قبل وبعد إخفاء نص قصير.



الصورة قبل الإخفاء(a) **الصورة بعد الإخفاء (b)**

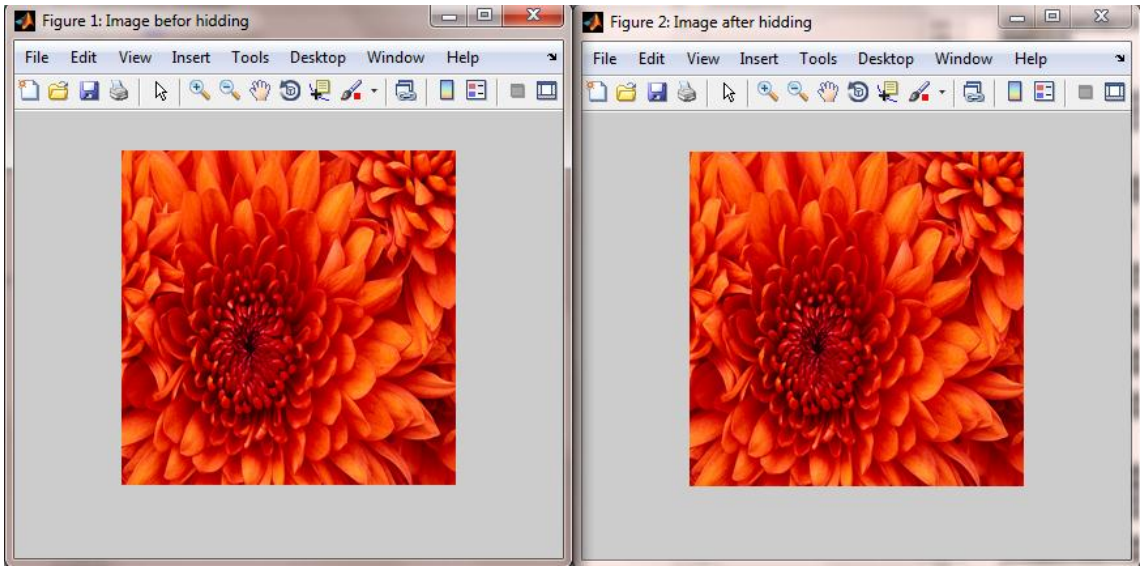
الشكل(8) إخفاء نص قصير في الصورة الثانية



مواقع إخفاء نص قصير (a) مواقع إخفاء نص طويل (b)

الشكل(9) مواقع الإخفاء في الصورة الثانية

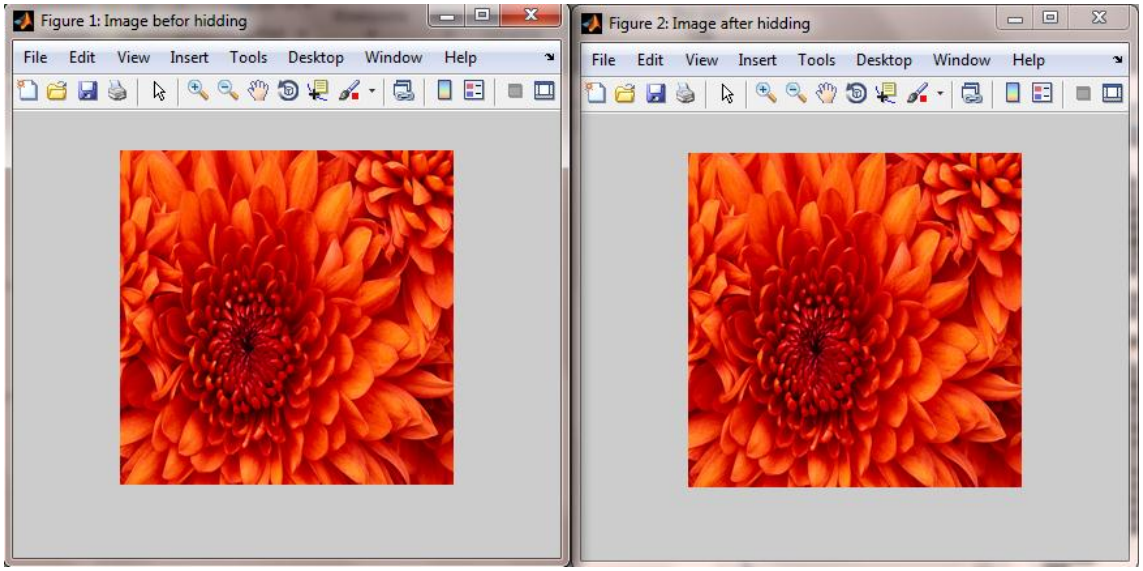
تظهر النقاط السوداء في الشكل (9–b) مواقع الإخفاء لنص طويل في الصورة الثانية، وفي الشكل (9–a) مواقع إخفاء نص قصير.



الصورة قبل الإخفاء(a) الصورة بعد الإخفاء (b)

الشكل(10) إخفاء نص طويل في الصورة الثالثة

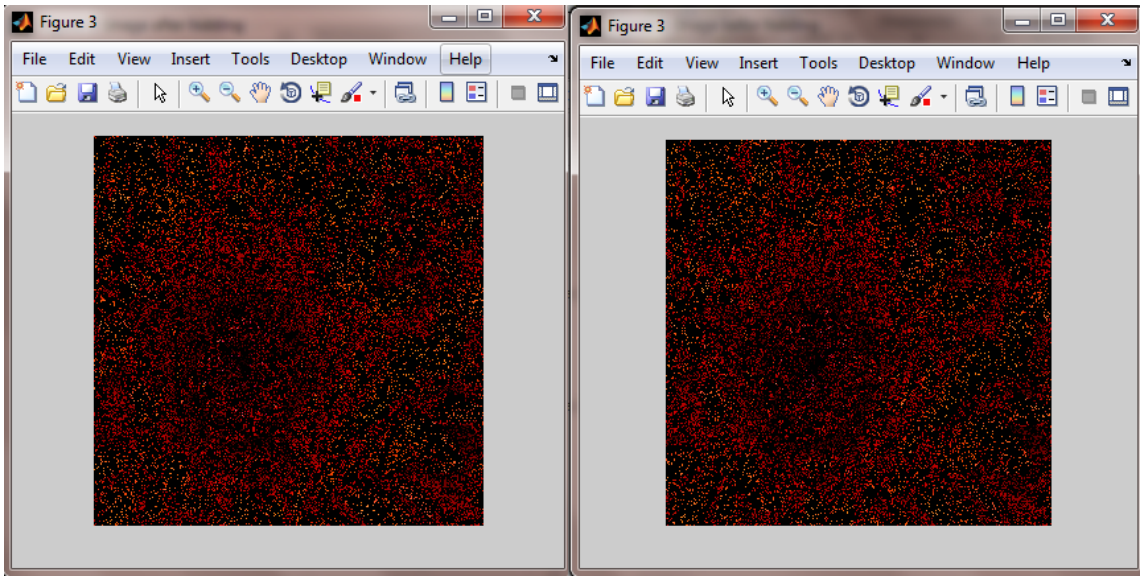
يظهر في الشكل (10) ناتج إخفاء نص طويل في الصورة الأخيرة، ولا يمكن التمييز بين الصورة قبل الإخفاء والصورة بعد الإخفاء.



الصورة قبل الإخفاء(a) **الصورة بعد الإخفاء (b)**

الشكل(11) إخفاء نص قصير في الصورة الثالثة

يظهر في الشكل (11) ناتج إخفاء نص قصير في الصورة الأخيرة، وفي الشكل (12–b) تظهر النقاط السوداء مواقع الإخفاء لنص طويل في هذه الصورة وإخفاء نص قصير فيها في الشكل (12–a).



مواقع إخفاء نص قصير(a) **مواقع إخفاء نص طويل (b)**

الشكل(13) مواقع الإخفاء في الصورة الثالثة

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

إن الهدف الأساسي للبحث هو تطوير خوارزمية تمكننا من إرسال رسالة سرية مخفية ضمن صورة وبسرعة عالية على شبكة الانترنت وبالتالي تكون هذه الرسالة عرضة للهجوم. لكن هناك مجموعة من العقبات التي تواجه أي شخص يريد الحصول على النص السري:

1- إن الرسالة مخفية ضمن صورة عادية لا تحوي أي تشوه ولا تظهر لأي شخص بأن هناك معلومات مخفية ضمنها.

2- إن أجزاء الرسالة مخفية ضمن صورة ملونة تحوي ثلاث مركبات هي مركبة الأحمر والأخضر والأزرق فيجب على المهاجم أن يعلم عدد وحجم وترتيب إخفاء الأجزاء وفي أي مركبة تم إخفاء كل جزء .

3- يجب على المهاجم معرفة عدد الأجزاء التي تم تقسيم صورة الغطاء إليها من أجل بعثرة الرسالة فيها وبداية وحجم كل جزء.

4- يجب على المهاجم معرفة تابع البعثرة المستخدم لتحديد الجزء الذي سيتم الإخفاء فيه.

5- يجب على المهاجم معرفة تابع البعثرة المستخدم لتحديد البايت الذي سيتم الإخفاء فيه.

6- يجب معرفة عدد البتات من كل بايت التي تم الإخفاء فيها.

7- يجب معرفة قيمة التزايد لتحديد الموقع التالي للإخفاء، حيث استخدمت قيم مختلفة في المركبات الثلاث مما بعثر البيانات وبشكل متباعد.

ونلاحظ أن توفر أحد المعلومات السابقة غير كافٍ، بل يجب على المهاجم معرفتها كلها حتى يتمكن من فك الإخفاء.

التوصيات:

يمكن تطوير خوارزمية الإخفاء التي ناقشناها في بحثنا وجعلها أكثر أمناً وصعوبةً للكشف من قبل الأعداء ومن الأمور المقترحة للمطورين:

1- تقسيم الصورة إلى أجزاء أكثر مما يزيد في بعثرة البيانات.

2- استخدام تابع بعثرة لاختيار المركبة التي سيتم الإخفاء فيها .

3- أن يكون تابع البعثرة المستخدم لاختيار جزء الصورة والبايت الذي يتم الإخفاء متغير عن طريق استخدام بذرة ما تكون نواة التابع وتساعد في عملية فك الإخفاء.

4- استخدام خوارزميات تشفير لتشفير النص المراد إخفاءه.

References:

[1] Daher,R; Saleh,E. *A comparison between two hiding models: in the spatial domain and the frequency domain of the digital images*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series . Vol (39) No (1) 2017,535-549.

[2] Daher,R; Saleh,E. *Building Scheme Of Digital Image Authentication Using Steganography & Perceptual Hashing Techniques*. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series. Vol (04) No (3) 2018,283-301.

[3] Jozsef,L. *Steganographic Methods*. Budapest: Budapest University of Technology and Economics, 2000.

[4] Johnson, N. F; Duric, Z; Jajodia, S. *Information Hiding: Steganography and Watermarking- Attacks and Countermeasure*. Kluwer Academic Press. Norwrll, MA, NewYork, The Huague, London, 2000.
[5] Prof. R. *A Survey of Techniques for Digital Watermarking*. Chris Shoemaker Independent Study, EER-290, Spring 2002.
[6]Marvel, L. M. *Hiding Information in Images*. Aberdeen Proving Ground, MD: US Army Research Laboratory, 1998.
[7] Younes,N; Alatasi,Y. *Sturdy Hiding of Text File in Image*. Albath University Journal. Vol (37) No (6) 2015.
[8] Chitradevi,M; Thinaharan,N; Vasanthi,M. *Data Hiding Using Least Significant Bit Steganography in Digital Images*. Surragh Publishers, India, 2017.
[9] Gupta2,V.P; Tomar,S. *The Implementation of Run Length Encoding for RGB Image Compression*. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET). Vol(3) Issue 12, December 2014 .
[10] Prasetyo1,K.T; Purboyo.T.W; Saputra,R,E. *Comparison of Text Data Compression Using Run Length Encoding, Arithmetic Encoding, Punctured Elias Code and Goldbach Code*. International Journal of Engineering and Technology (IJET), Nov 2017.