Chaotic Watermarking for Authentication

Melad Jader Saeed
meladjader@uomosul.edu.iq
College of Computer Science and Mathematics
University of Mosul, Mosul, Iraq

Received on: 01/04/2012 **Accepted on: 18/09/2012**

ABSTRACT

This research concerns with generating and hiding invisible chaotic watermarking, in a manner different from that used in the rest of the known watermarks, has been presented.

The work has two phases in each of which the chaotic function has been used twice. In the first phase it is used to generate the watermark from the same cover picture then embedding it in another level of the cover depending on the chaotic positions in order to increase authenticity and fortification against attacks. As for the second phase, the chaotic function has been used to generate and retrieve the watermark and compare them to ensure authenticity. Through the practical results that were obtained using the measurements of Correlation, PSNR, and MSE the quality of this algorithm has been shown. Some of the image processing procedures have been used to measure the robustness of this algorithm through calculating the correlation coefficient.

Keywords: watermarking, chaotic, authenticity, PSNR.

العلامة المائية الفوضوية لحماية حقوق الملكية

ميلاد جادر سعيد

كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث: 2012/04/01 **تاريخ قبول البحث: 2012/09/18**

الملخص

تم في هذا البحث عرض خوارزمية جديدة لتوليد واخفاء العلامة المائية الفوضوية غير المرئية بطريقة تختلف عن تلك المستخدمة في باقي العلامات المائية المعروفة، فقد تضمن العمل مرحلتين، استخدم كلاهما الدالة الفوضوية مرتين، ففي المرحلة الاولى تم استخدامها في توليد العلامة المائية من نفس صورة الغطاء ومن ثم اخفاؤها بمستوى اخر من الغطاء بالاعتماد على المواقع الفوضوية لغرض زيادة الوثوقية والتحصين ضد الهجمات، اما المرحلة الثانية فقد استخدمت الدالة الفوضوية في توليد واسترجاع العلامة المائية والمقارنة بينهما للتأكد من الوثوقية، ومن خلال النتائج العملية التي تم الحصول عليها باستخدام المقاييس PSNR, MSE تبين مدى جودة هذه الخوارزمية كما تم استخدام بعض عمليات معالجة الصور لقياس مدى قوة هذه الخوارزمية من خلال حساب معامل الارتباط.

الكلمات المفتاحية: العلامة المائية، الفوضى ، الوثوقية ، PSNR.

1- المقـــــدمة:

في يومنا هذا نرى أن الانتشار السريع في أنظمة الأوساط المتعددة يطرح سؤالاً حول حماية حقوق الطبع , مراقبة إشارات الإزالة , وتطوير خوارزميات وتطبيقات الزمن الحقيقي التي قد تمنع النسخ غير الشرعي وتمنع إعادة توزيع النسخ المسروقة . ويكمن احد الحلول لهذه المسالة في علامات مائية للبيانات data watermarking تضاف إلى محتويات الوسائط المتعددة بطريقة ثابتة وغير مدركة , وبعد ذلك تكون الجهات المستخدمة لها قادرة

على برهنة ملكية الملفات ، إن تقنيات العلامات المائية قد طورت في البداية للصور الرقمية وللأفلام الفيديوية ووصلت مؤخرا إلى الصوت.

تشترك كل نظريات العلامات المائية بنفس عمليتي التضمين embedding والاستخلاص extraction وتسمى أيضاً الكشف detection. وفي معظم الأحيان يتم في عملية تضمين العلامة المائية استخدام مفتاح ، الهدف من استخدامه جعل العلامة المائية صعبة الاختراق وتقاوم عمليات الحذف والإحلال بحيث لا يمكن قراءتها أو تغييرها بدون استخدام المفتاح نفسه .ويكون الغطاء نصا ، صورة ، صورا متحركة أو ملفا صوتيا ، أما الإخراج فيكون بيانات الغطاء بعد تضمين العلامة المائية فيه.

اما عملية استرجاع العلامة المائية بإدخال بيانات الغطاء بعد تضمين العلامة المائية فيها ، والمفتاح سواء أكان سريا أم عاما والبيانات الأصلية للغطاء قد تكون موجودة أو غير موجودة اعتمادا على الطريقة المستخدمة . وعند استخدام بيانات الغطاء الأصل في عملية الاسترجاع تسمى هذه الحالة non-blind watermarking وعندما لا تستخدم البيانات الأصل في عملية الاسترجاع تسمى هذه العملية blind watermarking [1].

ومن تطبيقات نظام العلامات المائية :

1. حماية حقوق الطبع والنشر .
2. حماية حقوق الاستنساخ
3. العلامات المائية في وثوقية الصور
4. بصمات الأصابع

اما اهم متطلبات العلامات المائية هي:

1- المتانة Robustness .
2- مقاومة التهديد Tamper Resistance .
3- الجودة Fidelity.
4- حساب الكلفة Computational Cost.
5- معدل نسبة الخطأ فيها False Positive Rate.

وعمليا من غير الممكن تحقيق نظام علامات مائية يمتلك جميع هذه الخواص ولكن من الضروري أن يكون هناك توازن في هذه الخواص وحسب طبيعة التطبيق [1].

ان استخدام الدالة الفوضوية في توليد العلامات المائية واخفاءها يزيد من السرية وذلك لكونها تمتلك الصفات الاتية:

1. التعقيد العالي والسلوك غير الخطي.
2. الحساسية المعتمدة على القيمة الابتدائية.

اضافة لما ذكر ، فان نظم الفوضى تمتاز باستحالة التنبؤ على المدى البعيد ،من امثلة الدوال الفوضوية [2]:

1. الدالة اللوجستية Logistic Function
2. دالة لورانز Lorenz Function
3. دالة روسلير Rossler Function

وقد تم استخدام الدالة اللوجستية في هذا البحث

من الممكن اخفاء العلامة المائية ضمن الـ Spatial Domain او الـ Transform Domain ، بالنسبة للـ Spatial Domain تكون عملية اخفائه سهلة وسريعة الا ان لها مساوئ وهي انها لاتقاوم التهديدات ومن الممكن بسهولة اكتشافها [3]، ولقد تم تجاوز هذه النقطة في هذا البحث عن طريق استخدام الدالة الفوضوية لاخفاء العلامة المائية الفوضوية المتولدة بالمرحلة الاولى داخل احد مستويات الصورة في Spatial Domain باستخدام خوارزمية جديدة اثبتت كفاءتها من خلال المقاييس المعتمدة.

2- الاعمال السابقة:

قام عدد من الباحثين بتقديم اعمالهم في هذا مجال استخدام الدالة الفوضوية في توليد واخفاء العلامة المائية، فقد قام .xianyong Wu واخرون [4] باقتراح خوارزمية جديدة للعلامة المائية التي استخدمت الدالة الفوضوية بمرحلتين ، الاولى في تشفير مواقع الاخفاء في الغطاء والثانية في تحديد موقع الاخفاء، اما الباحث Christophe Guyeux واخرون [5] فقد قدموا خوارزمية لتوليد العلامة المائية ولكن بالاعتماد على الدالة الفوضوية المتقطعة التي استخدمت بالتكوين والاخفاء في داخل وسط حامل جديد والذي اظهر مقاومته ضد مجموعة الهجوم التي تعرض لها ، بينما الباحثة .Shaimaa SH [3] فقد اقترحت طريقة اخفاء صورة ثنائية كعلامة مائية داخل صورة رمادية ومن ثم استخدام التحويل المويجي للاخفاء ولزيادة قوة وفعالية الخوارزمية تم استخدام الدالة اللوجستية الفوضوية لتحديد مواقع الاخفاء داخل الصورة، كما ان V.Santhi وآخرين [6] اقترحوا العلامة المائية Blind للصور الرقمية في نظام التحويل المويجي حيث ان العمل تضمن اكثر من مرحلة إذ تم تقسيم الصورة الى مجموعات 8*8 Block ومن ثم استخدام الدالة الفوضوية لتكوين سلسلة عشوائية من الـ Blocks ومن ثم استخدام التحويل المويجي على جزء من الصورة وبعدها اخفاء العلامة المائية عن طريق مقارنة كل نقطة مع النقاط المحيطة.

3- الخوارزمية الفوضوية وتوليد العلامة المائية :

في السنوات الاخيرة، تم استخدام الدالة الفوضوية في العلامة المائية الرقمية وذلك لزيادة السرية [4]، لما تتمتع به هذه الدالة من خصائص ومميزات تجعل عملية التنبؤ للمدى البعيد مستحيلة. اما في هذا البحث فقد تم استخدام الدالة الفوضوية في توليد العلامة المائية في احد مستويات الصور الملونة ومن ثم اخفاؤها داخل نفس الصورة المشتقة منها أي في مستوى اخر وذلك لزيادة السرية والتمويه فاي تغير بسيط يقوم به الدخيل يكتشف بسهولة ، اضافة الى استخدام الدالة اللوجستية Logistic Function حيث ان القيم المحددة التي تكونها هذه الدالة هي قيم عشوائية تماما في صيغتها (على الرغم من انها تقع ضمن حدود معينة). [2] [7]

اما التمثيل الرياضي للدالة فهو :

$$X_{n+1} = \mu(1-x_n)x_n \quad \ldots(1)$$

$$x_{n+1} : 0 \le x_{n+1} \le 1$$

$$\mu : 0 \le \mu \le 4$$

X_n : القيمة الابتدائية

X_{n+1} : القيم التي تلي القيمة الابتدائية بالتتابع وهي قيمة موجبة بين (0 ، 1)

μ : قيمة موجبة تتراوح قيمتها بين (0 ، 4)

والخوارزمية التالية توضح خطوات توليد القيم الفوضوية المستخدمة في توليد العلامة المائية الفوضوية:

الادخالات : صورة الغطاء الملونة، X_0, μ

الخطوة –1–: قراءة الصورة الملونة، تحليلها الى المستويات الثلاثة المكونة لها (الاحمر ، الاخضر ، الازرق)

الخطوة –2–: اختيار احد المستويات الثلاثة،وقد تم اختيار المستوى (الاحمر) بوصفه المستوى الاول.

الخطوة –3–: استخدام الدالة (1) لتوليد مصفوفة الارقام الفوضوية باعتماد على قيم X_0, μ ، بحجم 16*16

الخطوة –4–: اخذ الـ digit الثالث والرابع من القيم الناتجة من الخطوة السابقة ووضعها في مصفوفة جديدة .

الخطوة –5–: اعتماد ارقام المصفوفة السابقة كـ index للحصول على قيم الموقع في المستوى المختار(الاحمر).

الخطوة –6–: تحويل المصفوفة الاخيرة الى صورة وتمثل العلامة المائية الفوضوية.

الإخراجات: العلامة المائية الفوضوية

4. خوارزمية اخفاء العلامة المائية الفوضوية

الادخلات: الصورة الغطاء ، العلامة المائية الفوضوية، X_0, μ

الخطوة –1–: قراءة الصورة الملونة وتحليلها الى المستويات الثلاثة (احمر ،اخضر ، ازرق).

الخطوة –2–:اختيار احد المستويات للاخفاء، وقد تم اختيار المستوى (الاخضر) بوصفه المستوى الثاني.

الخطوة–3–: استخدام المعادلة رقم (1) لتوليد ارقام فوضوية لتحديد مواقع الاخفاء.

الخطوة –4–: معالجة الارقام السابقة لتحويلها الى ارقام صحيحة لاستخدامها كـINDEX في مصفوفة المستوى المختار.

الخطوة –5–: تبديل مرتبة الاحاد من المواقع المختارة بقيم مصفوفة العلامة المائية الفوضوية.

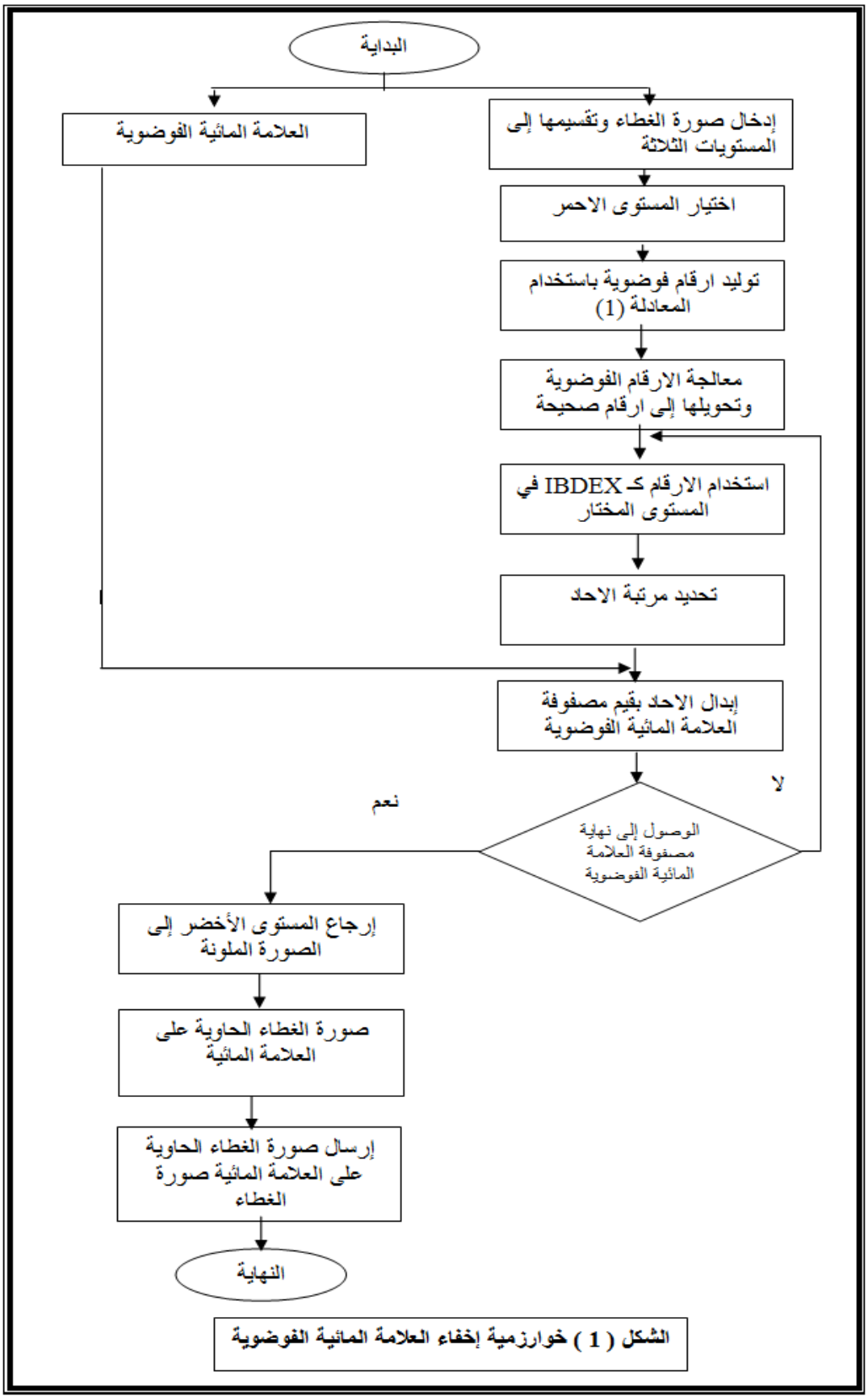
الخطوة –6–: الاستمرار بهذه العملية لحين انهاء قيم مصفوفة العلامة المائية الفوضوية.

الخطوة –7– :ارجاع المستوى المختار الى الصورة الملونة الاصلية.

الخطوة –8– : ارسال الصورة بعد الاخفاء.

الاخراجات: صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية (Watermarking Image)

الشكل (1) يوضح المخطط الانسيابي لخوارزمية اخفاء العلامة المائية الفوضوية



الشكل (1) خوارزمية إخفاء العلامة المائية الفوضوية

5. خوارزمية استرجاع العلامة المائية والتاكد من الوثوقية:

الادخالات: صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية، X_0, μ للتوليد، X_0, μ للاستخراج

الخطوة –1–: قراءة الصورة وتحليلها الى المستويات الثلاثة المكونة لها.

الخطوة –2– : اختيار المستوى الاول (الاحمر).

الخطوة –3– : استخدام المعادلة (1) لتوليد ارقام فوضوية حسب X_0, μ الخاصة بها.

الخطوة –4– : سحب الـ Digit الـ 4و 3 من الارقام الفوضوية واعتمادها كـ INDEX في المستوى المختار.

الخطوة –5– : سحب المواقع المناظرة لقيم الـ INDEX من المستوى المختار لتكوين مصفوفة العلامة المائية الفوضوية.

الخطوة –6–: اختيار المستوى الثاني (الاخضر).

الخطوة –7–: استخدام المعادلة (1) لتوليد ارقام فوضوية حسب X_0, μ الخاصة بها.

الخطوة –8– : اجراء المعالجة على الارقام الناتجة بالخطوة السابقة لاعتمادها كـ INDEX لمواقع الاخفاء.

الخطوة –9–: تحديد المواقع بالاعتماد على الـ INDEX واستخراج مرتبة الاحاد وخزنها في مصفوفة جديدة.

الخطوة –10–: الاستمرار باستخراج القيم الى الوصول الى نهاية المصفوفة.

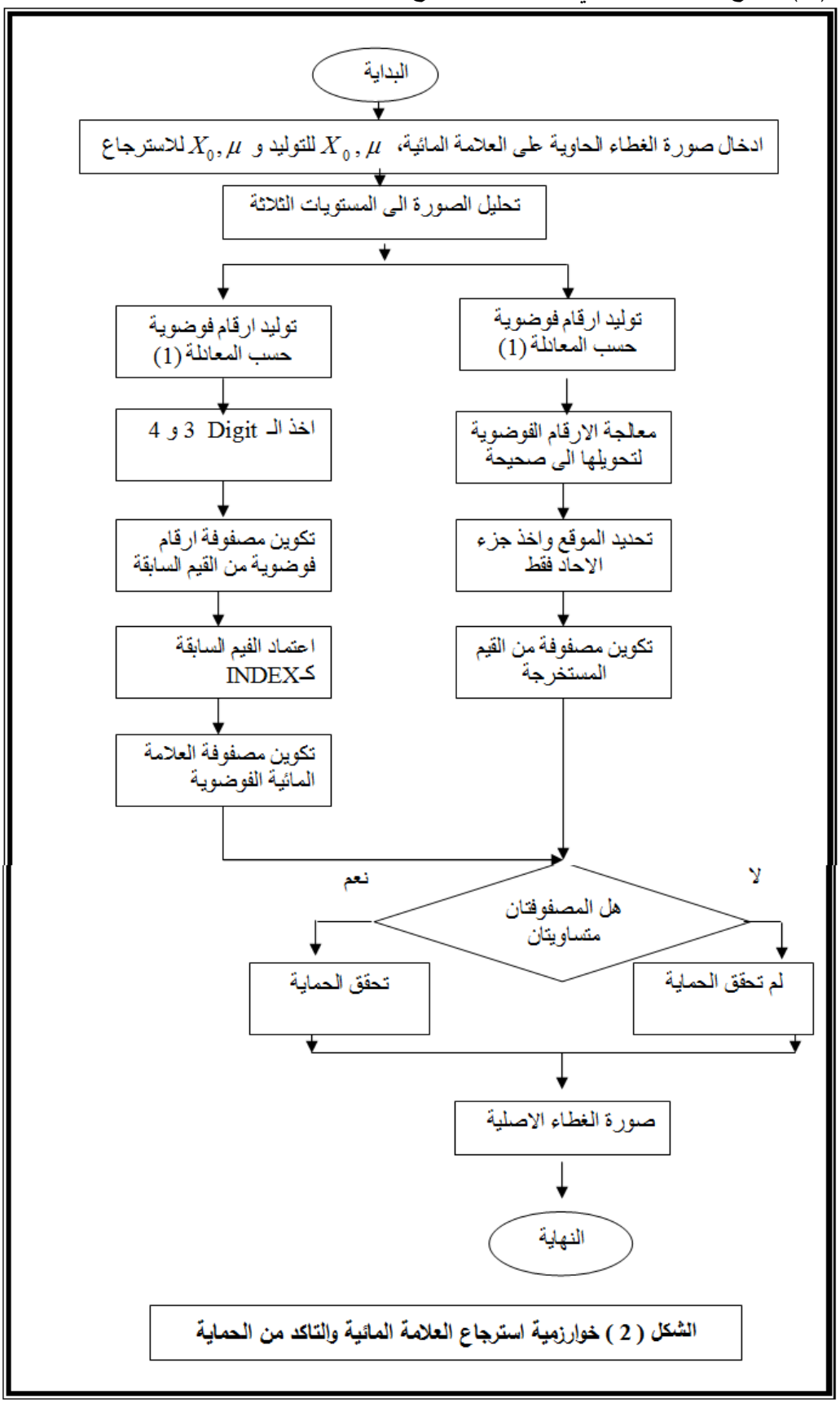
الخطوة –11–: مقارنة المصفوفة الاولى المستخرجة من المستوى الاحمر مع المصفوفة الثانية المستخرجة من المستوى الاخضر.

اذا تساوت المصفوفتان ، اظهار رسالة للمستلم تؤكد حماية الملكية في الصورة المستلمة.

اما اذا كانت المصفوفتان غير متساويتين ، اظهار رسالة للمستلم تنبهه بانه لم يتم تحقيق حماية للملكية.

الاخراجات: صورة الغطاء الملونة (الاصلية) ،تحديد الحماية.

الشكل (2) يوضح المخطط الانسيابي لخوارزمية استرجاع العلامة المائية والتاكد من الحماية



الشكل (2) خوارزمية استرجاع العلامة المائية والتاكد من الحماية

6- التطبيق العملي:

- تم اخذ صورة (Boy.bmp) والتي كانت بحجم 600 * 400 وادخالها على الخوارزميات المقترحة كما في الخطوات التالية والشكل(3) يوضح الصورة الاصلية (الغطاء):

شكل (3) الصورة الاصلية

- تحليل الصورة الى المستويات الثلاثة المكونة لها ومن ثم اختيار المستوى الاحمر وتطبيق الدالة الفوضوية لينتج المصفوفة والموضح جزء منها

0.9213	0.6080
0.2755	0.9057
0.7585	0.3246
0.6960	0.8331
0.8040	0.5283
0.5988	0.9470

- ثم معالجتها للحصول على ارقام صحيحة لتنتج الارقام الآتية

92	60
27	90
75	32
69	83
80	52
59	94
91	19

- ثم سحب محتويات المواقع الفوضوية من المستوى الاحمر وكانت قيمها كالآتي

65	79
75	88
62	78
88	63
77	78
101	102
108	65
78	78

- اخفاء هذه القيم بداخل المستوى الاخضر بعد تحديد مواقع عشوائية أيضاً بنفس الصيغة السابقة ومن ثم ارجاع المستويات الى صورة ملونة وكانت كما في الشكل (4).

الشكل (4) صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية

– اما عملية استرجاع العلامة المائية فتتم بالصيغة نفسها ولكن على مرحلتين منفصلتين الاولى على المستوى الاحمر وهي اشتقاق العلامة المائية باستخدام الدالة الفوضوية والثانية على المستوى الاخضر وهي استخراج العلامة المخفية بداخله ايضاً باستخدام الدالة الفوضوية، ومن ثم مقارنة النتائج، ففي حالة التساوي دليل على حماية الملكية للصورة المرسلة وعدم وصول الدخيل اليها وتغير معالمها. اما في حالة عدم التساوي فيعني ان هناك يداً غادرة تسللت الى هذه الصورة وغيرت مضامينها.

7–النتائج والمناقشة:

تم تطبيق خوارزميات البحث على عدد من الصور التي تمثل الغطاء للعلامة المائية الفوضوية المتولدة باستخدام المعادلة (1) والتي يتم اشتقاقها واخفاؤها في داخل الغطاء، وان الدالة الفوضوية تم استخدامها بمرحلتين:

الاولى : مرحلة تكوين العلامة المائية الفوضوية وكانت $x_0 = 0.002$ وقيمة $\mu = 2$

الثانية: في مرحلة اخفاء العلامة المائية الفوضوية وكانت $x_0 = 0.083$ وقيمة $\mu = 3$

والجدول (1) يوضح صورة الغطاء قبل وبعد اخفاء العلامة المائية

جدول (1) صور الغطاء قبل وبعد الاخفاء

اسم الصورة	صورة الغطاء الاصلية	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية
Boy.bmp		

Girle.bmp		
Sun.bmp		

ولاثبات كفاءة الخوارزميات المقترحة تم تطبيق عدد من المقاييس لقياس مدة جودتها وهي :

- Mean Sequare Error (MSE): ويحسب حسب المعادلة الآتية:

$$MSE = 1l(N * M) * \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}(C1(i,j) - C2(i,j))^2 \quad \ldots(2)$$

- Peak Signal to Noise Ratio (PSNR): كما في المعادلة التالية:

$$\text{PSNR in db} = 10\log_{10}(C\max^2 lMSE) \quad \ldots(3)$$

حيث ان M,N: يمثلان ابعاد صورة الغطاء

C1: تمثل صورة الغطاء قبل الاخفاء

C2:تمثل صورة الغطاء الحاوي على العلامة المائية

والجدول (2) يوضح نتائج المقاييس بعد التطبيق:

جدول (2) : نتائج مقاييس الكفاءة

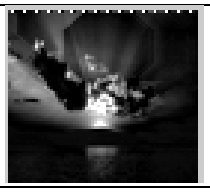
ت	اسم الصورة	أبعاد الصورة	MSE	PSNR In db
1	Boy.bmp	600*400	0.0046	71.5190
2	Boy.bmp	600*600	0.0029	73.4737
3	Boy.bmp	1024*700	0.0012	77.1763
4	Girle.bmp	600*400	0.0022	74.6902
5	Girle.bmp	600*600	0.0016	76.1427
6	Girle.bmp	1024*700	e-0045.4408	80.7741
7	Sun.bmp	1024*700	0.8974	48.6008

- ولاختبار الطريقة فقد تم تعريضها الى عدد من الهجمات ، ومن ثم قياس معامل الارتباط حسب المعادلة الآتية:

$$sim(w1, w2) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w1(i,j)w2(i,j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w1(i,j)^2 \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w2(i,j)^2}} \quad \ldots(4)$$

والجدول (3) يوضح نتائج الصور بعد تعرضها الى (tophatFiltered) وقيم معامل الارتباط

جدول (3) يوضح صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية قبل وبعد tophatFiltered وقيم معامل الارتباط

ت	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية بعد تعرضها الى tophatFiltered	قيمة معامل الارتباط
1			0.9243
2			0.9440
3			0.8319

- ومن ثم تم تعريض الصورة الى هجوم Gaussian بقيم ضوضاء مختلفة موضحة بالجدول (4) الآتي

جدول (4) يوضح صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية بعد التعرض لهجوم Gaussian وقيم معامل الارتباط

ت	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية	قيمة الضوضاء	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية بعد التعرض الى هجوم Gaussian	قيمة معامل الارتباط
1		0.0001		0.9998

2		0. 001		0.9981
3		0.01		0.9818

- ثم تم تعريض الصورة الى انواع من التدوير Rotation وبزوايا مختلفة وكانت النتائج حسب الجدول (5) الآتي

جدول (5) تأثير التدوير على صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية

ت	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية بعد التدوير	**زاوية التدوير**	قيمة معامل الارتباط
1			90	0.7990
2			180	0.8000
3			2700	0.7990

- اما عند تعرض الصورة الى Cropping فكانت النتيجة كما موضح بالجدول(6) الآتي:

جدول (6) تاثير الـ Cropping على صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية

ت	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية	صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية بعد التعرض للـ Cropping	قيمة الـ cropping	قيمة معامل الارتباط
1			[60 40 100 90]	0.8564
2			[100 90 60 40]	0.8797

ن خلال ملاحظة الجداول (3) (4)(5)(6) نلاحظ ان صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية بعد تعرضها على انواع من الهجوم ومن خلال قياس قيم معامل الارتباط يتضح ان انواع الهجوم لم تؤثر على صورة الغطاء الحاوية على العلامة المائية.

8- الاستنتاجات :

من خلال ملاحظة جدول(2) يتضح كفاءة الطريقة المقترحة في توليد واخفاء واسترجاع العلامة المائية، ومن خلال ملاحظة الجداول (3) (4) (5) (6) نلاحظ مرونة العلامة المائية المتضمنة ضد الازالة ، إذ تم تعريضها الى عدة هجمات مثل tophatFiltered، Gaussian، Rotation و Cropping وعلى الرغم من ذلك فانه تم اعادة العلامة المائية. وبهذا فان العلامة المائية المتكونة في هذه الخوارزمية تعد من النوع الصلد Robust.وهذا ما اكدته قيم معامل الارتباط.

وان استخدام الدالة الفوضوية في اكثر من مرحلة زاد من تعقيد وسرية الطريقة، كما ان الخوارزميات المستخدمة تمتاز بالسهولة اضافة الى الكفاءة العالية.

ان توليد العلامة المائية واخفاءها في نفس الصورة المتولدة منها زاد تعقيد العملية وارباك الدخيل الذي يتوجب عليه معرفة الكثير لكي يتمكن من الوصول الى العلامة المائية الحقيقية.كما ان العلامة المائية المتضمنة تميزت بكونها غير مدركة في الاطار المضمن وتضمينها لايسبب تغيراً او تشويهاً في الغطاء الحامل لها، كما تميزت الخوارزمية بقوتها ومتانتها امام الهجمات التي تعرضت لها بقصد التغيير او الازالة حيث ان أي تغير ولو

كان بسيطاً على الصورة سوف يوثر على العلامة المائية المتضمنة داخلها ويكون مؤشراً على حدوث خرق على الصورة، ولقد تم استخدام لغة MATLAB في تنفيذ هذا البحث.

9- التوصيات:

1. تطوير الخوارزميات المقترحة باضافة الشبكات العصبية والخوارزمية الجينية.
2. استخدام دوال فوضوية اخرى ودمجها مع بعضها لزيادة سرية الطريقة.
3. تحوير صورة الغطاء الى DWTو DCT او تحويلات اخرى.

المصادر

[1] المشهداني، فرقد حامد، 2004، " استخدام العلامة المائية في توثيق النصوص"، رسالة ماجستير ، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، قسم علوم الحاسوب.

[2] القدو، سجى جاسم، سعيد، ميلاد جادر، عبدالمجيد، ايلاف اسامة،2010 ، "التشفير الفوضوي باستخدام مفتاح المقياس الحيوي"، مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات، المجلد (7)، العدد(3).

[3] Mohammad, Shaimaa Sh., 2011 , " Encryption and Hiding Water_marking Using A Chaotic Modified Wavelet Transform", Raf.J. of Comp.& Math's, Vol. 8, No. 2.

[2] Wu, Xianyong, Guan, Zhi-Hong, 2007 , " A noval digital watermark algorithm based on chaotic maps", physics Letters.

[5] M.Bahi, Jacques, G.Christophe, 2010 , "A NEW Chaotic-Based Watermarking Algorithm", Security10, Int.conf. on Security and cryptography.

[6] santhi V. Thangavelu Arunkumar, 2009 ," DWT-SVD combined full band robust watermarking technique for color image in YUV color space", International Journal computer Theory and Engineering, Vol. 1, NO. 4.

[7] Enayatifar, R., Mohmoudi, F. and Mirzaei, K., 2009, "Using the chaotic map in Image Sreganography", International Conference on Information Management and Engineering, IEEE, P.491-495.
www.ivsl.org.