



# تطوير خوارزمية تضمين علامة مائية ضمن الصور الرقمية في المجال الترددي باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل

لارا فتحي قنيد

كلية الهندسة والتكنولوجيا، جامعة قرطبة الخاصة، سوريا، laraakadid@yahoo.com

\* الباحث الممثل

نشر في: 31 كانون الأول 2019

**الخلاصة** – تم في هذا البحث تطوير خوارزمية تضمين علامة مائية ضمن الصور الرقمية، وذلك بهدف تحقيق حماية حقوق ملكية الصورة الرقمية. تعتمد الخوارزمية المقترحة على تحويل الصورة الحامل إلى المجال الترددي واستخدام خوارزمية مستعمرة النمل في تحديد مواقع كتل التحويل المثلى حيث سيتم تنفيذ عملية التضمين المقترحة. تؤثر عوامل عديدة في تحقيق متطلبات العلامة المائية ومن أهمها مجال التضمين المعتمد، طريقة التضمين، المعاملات المختارة، والكتل المستخدمة في التضمين، والتي تختلف مواقعها تبعاً لطبيعة الصورة الحامل والهجمات المنفذة، لذلك قمنا أولاً بتقسيم الصورة الحامل إلى كتل بأبعاد 8\*8 واحساب الانحراف المعياري بين بيكسلاتها لكشف كتل البيكسلات ذات الحواف الشديدة والتي تعتبر الأفضل في التضمين نظراً لمئاتها تجاه الهجمات، ومن ثم قمنا بتطبيق تحويل التجب المنقطع على الكتل لننتقل إلى المجال الترددي وتنفيذ عملية تضمين العلامة المائية باستخدام طريقة التضمين المقترحة ضمن معاملين من الترددات المتوسطة للكتل المحددة من خوارزمية النمل التي قدمت مرونة في تحديد مواقع الكتل الأهم حيث الموازنة بين متانة العلامة المائية وشفافية الصورة ذات العلامة المائية. قدمت الخوارزمية المقترحة نتائج جيدة في الشفافية والمتانة بما يتناسب مع طبيعة الصورة الحامل تجاه العمليات المختلفة من معالجة الصورة.

**الكلمات الرئيسية** – العلامة المائية، خوارزمية مستعمرة النمل، المجال الترددي، تحويل التجب المنقطع.

## 1. المقدمة

- المتانة: مقاومتها لأي نوع من الهجمات المقصودة وغير المقصودة، كالضغط والترشيح، بما يضمن استرجاعها بشكل ناجح لاحقاً.
- عدم الغموض: الهدف من تضمينها تحديد المالك وحمايته دون تشكيل أي نوع من الغموض.
- أمانة وموثوقة: عدم امكانية استرجاعها حتى لو تمكنا من معرفة خوارزمية التضمين.

## 3. استخدام تحويل التجب المنقطع في تضمين العلامة المائية

بإمكاننا الاعتماد على العديد من التحويلات التي تنتقلنا من المجال الحيزي إلى الترددي وذلك بغاية تحديد مجال الترددات التي تحملها الصورة في مختلف مواقعها، مما يمكننا من تنفيذ وظائف عديدة وأهمها إخفاء البيانات، الضغط (حذف الترددات العالية) وذلك باستخدام خصائص النظام البصري الإنساني. من أهم التحويلات المستخدمة تحويل فورييه DFT (Discrete Fourier Transform). إن خرج تحويل فورييه عقدي فضلاً عن تعقيده الحسابي. بالمقابل نجد أن تحويل التجب المنقطع ذو خرج حقيقي ويعتبر حالة خاصة من التحويل السابق.

### 3.1 تحويل التجب ال متقطع Discrete Cosine Transform

يستخدم تحويل التجب المنقطع في معالجة الإشارة، إذ يتم تقسيم الصور إلى كتل  $N*N$  غير متداخلة، ومن ثم تطبيق عملية التحويل الأمامي على بيكسلات الكتلة  $f(x,y)$  (كتلة تلو الأخرى)، لنحصل على  $N*N$  معامل ترددي يُشار إليها بـ  $C(u,v)$ ، كما هو موضح في المعادلة (1) [12].

نتيجة لتطور التكنولوجيا الرقمية ظهرت الحاجة الماسة لحماية المنتجات الرقمية من نقلها وتداولها بطريقة غير مخولة، تم اقتراح عدة حلول لتجنب التزوير في الوسائط الرقمية، تُعتبر العلامة المائية المخفية أداة مساعدة في الحد من النسخ غير المخول وكذلك في تحقيق حماية حقوق الملكية، يمكننا النظر إلى تضمين العلامة المائية كنظام اتصال مؤلف من ثلاثة عناصر أساسية: المُضمّن، قناة الاتصال، الكاشف. يتم تضمين العلامة المائية التي تحمل معلومات عن المالك في الوسط الحامل لنقلها عبر قناة الاتصال واسترجاعها لاحقاً في جهة المستقبل. [8] تُقسم تقنيات تضمين العلامة المائية تبعاً لمجال التضمين إلى مجالين: تقنيات تضمين العلامة المائية في المجال الحيزي والتي تمتاز بسهولة تنفيذها إذ تعتمد على تغيير المستوى الرمادي للبيكسل ولكنها تعاني من المتانة المنخفضة، وتقنيات التضمين في المجال الترددي والتي تمتاز بالمتانة العالية والتي تتفاوت تبعاً لكل من طريقة التضمين وآلية التحويل المعتمدتين.

## 2. نموذج العلامة المائية للخوارزمية المقترحة

إن أهم بيانات حقوق الملكية هي صورة شعار المالك لذلك سيتم اعتماد صورة ثنائية (أبيض وأسود) سيتم تشفيرها مع صورة ثنائية مولدة عشوائياً Pseudo Number-Sequencer (PN) بحجم صورة الشعار، لتزيد عملية التشفير من أمان النظام ومن العشوائية في توزيع المعطيات الأصلية. على العلامة المائية أن تتمتع بمايلي: [10]

- الشفافية: أن تكون غير مدركة من قبل البشر.

$$C(u_2, v_2) = th1 * c2$$

$$\text{Else} \quad (2)$$

$$C(u_1, v_1) = th2 * c1$$

$$C(u_2, v_2) = th2 * c2$$

C (u1, v1): المعامل الأول قبل التضمين:

C (u2, v2): المعامل الثاني قبل التضمين

/

Th1: معامل التكبير

Th2: معامل التصغير

C1: الثابت الموجب

C2: الثابت السالب

وبأخذ التغيرات المُحدثة على قيمة المعاملين بسبب الهجمات المنفذة على الصورة ذات العلامة المائبة بعين الاعتبار. إذ تختلف تأثير الهجمة على الصورة ذات العلامة المائبة حسب طبيعتها، فهي تحدث ارتفاعاً أو انخفاضاً في قيمة المعاملين، لذلك اعتمدنا على عتبة استرجاع تنحصر قيمتها بين قيمة كل من معاملي التكبير والتصغير المستخدمين آنفاً خلال عملية التضمين. نعتد خلال مرحلة الاسترجاع على مقارنة قيمة المسافة المحتمسبة (مجموع قيمتي معاملي الزوج بالقيمة المطلقة) بناتج جداء العتبة المعيارية بمجموع القيمة المطلقة للثابتين الموجب والسالب فإن كانت أعلى فالبت المسترجع قيمته مساوٍ إلى الواحد وإلا قيمته مساوٍ إلى الصفر. في مرحلة تحديد الثابتين الموجب والسالب اعتمدنا على طبيعة الصورة وماهيتها وماتحمله من ترددات مختلفة، ولذا قمنا بحساب القيمة الموجبة العظمى والسالبة الصغرى المتواجدة ضمن معاملات الترددات المتوسطة لجميع كتل الصورة ومن ثم احتسبنا المتوسط الحسابي للقيم الموجبة تلك باستثناء الصفرية منها لتكون بمثابة الثابت الموجب المعتمد وكذلك الأمر بالنسبة للثابت السالب حيث قمنا بحساب المتوسط الحسابي للقيم السالبة. تمت معايرة قيمة معامل التكبير، والتصغير وعتبة الاسترجاع المستخدمة تجريبياً كما هي موضحة في النتائج والمناقشة.

## 5. طريقة البحث

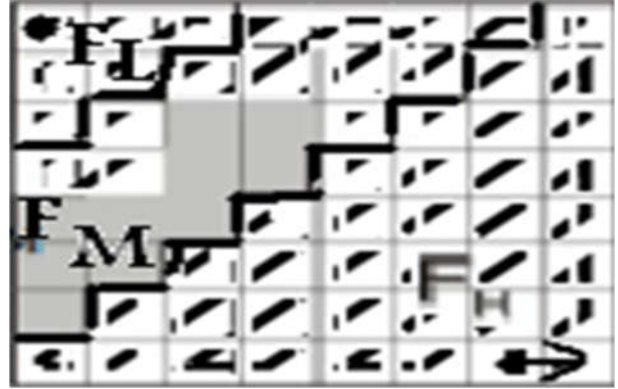
اعتمدنا على خوارزمية النمل في تحقيق متطلبات العلامة المائبة ألا وهي أفضل قيمة لكل من تابعي المتانة والشفافية [1]، وعلى اعتبار أن العلاقة بينهما هي علاقة عكسية لذلك نسعى لتحقيق الموازنة فيما بينهما من خلال تحديد مواقع الكتل الأفضل بين كتل المعاملات الكلية التي تم تقطيع الصورة إليها لتنفيذ عملية تضمين/استرجاع العلامة المائبة ضمن المعاملين المحددين منها باستخدام خوارزمية التضمين المشروحة في الفقرة (4). نقوم بتقسيم الصورة الحامل أولاً إلى كتل بحجم 8\*8، واحتساب الانحراف المعياري بين بيكسلات الكتل لُستخدم خلال عمل خوارزمية النمل في مرحلة اختيار الكتل، ومن ثم يتم تطبيق تحويل التجب المتقطع على كل منها للانتقال إلى استخدام خوارزمية النمل (Ant Colony Algorithm) بهدف تحديد مواقع الكتل الهامة كالتالي:

تبدأ الخوارزمية بتهيئة كثافة الفيرومون بقيمة ابتدائية صغيرة وبتوليد الحلول المبدئية باستخدام عدد محدد من النمل، تقوم كل نملة باختيار كتلة ابتدائية عشوائية لتنتقل منها وتختار إحدى الكتل المجاورة لها اعتماداً على تابع الاحتمال  $P(i,j)$  والمتناسب مع كل من قوة الفيرومون والرؤية (Visibility) والتي تُعبر عن أهمية الكتلة حيث تم الاعتماد على تابع الانحراف المعياري في تحديد أهميتها. تُمثل الكتلة ذات الانحراف المعياري الصغرى كتلة متماهية الحواف على عكس تلك الكتل ذات الانحراف العالي التي تحافظ على شفافية الصورة ذات العلامة المائبة بشكل أعلى وتحقق استرجاع ناجح للعلامة

$$c(u, v) = a(u)a(v) * \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right)$$

$$a(K) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} & \text{if } K = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

تقع المركبة الترددية DC (Direct Current) في الزاوية اليسارية العليا من الكتلة كما هو موضح في الشكل 1 وهي هامة بشكل كبير ويؤدي تعديلها إلى تعديل واضح للصورة، بينما تقسم باقي المعاملات AC (Alternating Current) الكتلة إلى ثلاث حزم ترددية [3].



الشكل (1): المعاملات الترددية للكتلة والحزم الترددية الثلاث

إن المعاملات التي تقع قريباً من المركبة DC وفق ترتيب Zig-Zag تدعى بحزمة الترددات المنخفضة. تتركز طاقة الصورة في هذا المجال فهي تحمل قيم هامة للعين البشرية ولهذا تكون العين ذات حساسية عالية للضجيج فيها، بعكس حزمة الترددات العالية التي تتوضع في الزاوية اليمينية السفلى والتي تتعرض للحذف خلال عملية الضغط حيث أنها تحمل معلومات غير هامة للعين البشرية، أما الحزمة المتبقية فهي حزمة الترددات المتوسطة والتي نلجأ إليها عادةً خلال عملية التضمين باعتبارها تُحقق الموازنة بين المتانة والشفافية.

## 4. خوارزمية التضمين/الاسترجاع المقترحة

تم الاعتماد في مرحلة التضمين/الاسترجاع على حزمة الترددات المتوسطة للكتل. حيث نقوم باستخدام معاملين من الكتلة الواحدة لأجل تضمين بتاً من العلامة المائبة ضمن الكتلة المعتمدة. يقع المعاملين في الترتيب الأعلى من الترتيب Zig-Zag [9]. تعتمد آلية التضمين المقترحة كما هي موضحة في المعادلة (2) على استبدال قيمة كل من معاملي الزوج (المعاملين المحددين) حيث تُستبدل قيمة أحد معاملي الزوج بقيمة ثابتة موجبة بينما تُستبدل قيمة المعامل الآخر بقيمة ثابتة سالبة، مع التنويه إلى أنه يتم أولاً جداء قيمة كل من الثابتين الموجب والسالب بمعامل تكبير أو بمعامل تصغير وذلك تبعاً لقيمة بت العلامة المائبة المضمنة ومن ثم تُنفذ عملية الاستبدال، فمن أجل تضمين بتاً من العلامة المائبة ذو قيمة مساوية إلى "1" يتم جداء الثابتين الموجب والسالب بمعامل التكبير وفي الحالة المعاكسة يتم جداء قيمتهما بمعامل التصغير. نضمن بالاعتماد على هذه الطريقة أنه في حال كان بت العلامة المائبة المضمنة مساوياً إلى القيمة واحد فإن المسافة بين معاملي الزوج (مجموع قيمتي معاملي الزوج بالقيمة المطلقة) تكون مساوية إلى معامل التكبير مضروباً بمجموع القيمة المطلقة للثابتين الموجب والسالب وتكون في الحالة المعاكسة مساوية إلى معامل التصغير مضروباً بمجموع القيمة المطلقة للثابتين الموجب والسالب.

$$\text{If } w_i = 1$$

$$C(u_1, v_1) = th1 * c1$$

والمثانة، تم الإعتماد على تابع الشفافية PSNR والموضح في المعادلة (5)، حيث يحتسب هذا التابع كفاءة الشفافية بين الصورة قبل وبعد تضمين العلامة المائية على الترتيب (ذات الأبعاد  $M*N$ )، حيث تشير القيمة الأعلى للتابع إلى نوعية أفضل للصورة ذات العلامة المائية.

$$PSNR = 10 * \log_{10} * \left[ \frac{255^2}{\frac{1}{M * N} * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F(i,j) - F^*(i,j))^2} \right] \quad (5)$$

كما تم الإعتماد على تابع المثانة NC والموضح في المعادلة (6)، حيث يُعتبر التطابق بين العلامة المائية المضمنة والمسترجعة  $W, W^*$  أعظماً عند اقتراب قيمة التابع إلى الواحد

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j (w(i,j) * (w^*(i,j)))}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w(i,j)^2 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w^*(i,j)^2}} \quad (6)$$

تم استخدام صور حامل رمادية ذات عمق لوني مساو إلى 8bit، بدقة 512\*512 بيكسل، تمثل كل منها صورة ذات طبيعة مختلفة من حيث الأنسجة والحواف وخصائصها، لتكون مثلاً عن طبيعة معينة من الصور. تمت عملية تقسيم الصورة إلى 64\*64 كتلة، كل منها بحجم 8\*8 بيكسل، أما صورة الشعار المستخدمة فهي ثنائية اللون بدقة 40\*40. تُعتبر الصورة المستقبلية سليمة وغير مزورة عندما تكون قيمة التابع  $NC \geq 0.60$  بينما تعتبر الشفافية جيدة عندما تكون قيمة التابع  $PSNR \geq 38$  db [4]. نوضح في الشكل 2 كل من صور الحامل المعتمدة قبل وبعد عملية تضمين العلامة المائية، حيث يظهر وبشكل واضح مدى التطابق فيما بينها.

قبل التضمين



المائية. تستمر النملة في عملية حجز الكتل حتى تصل إلى عددٍ من الكتل مساوٍ إلى سعة العلامة المائية مع مراعاة اختيار كتل متنوعة كلياً في كل حل، حيث نقوم بحذف تلك الكتل المكررة في الحل الواحد واستبدالها بأخرى، وعند استكمال العدد المطلوب من الكتل ننفذ عملية التضمين والاسترجاع الموضحة في الفقرة (4)، ومن ثم ننتقل إلى تقييم الحل المقدم اعتماداً على تابع التقييم الموضح في المعادلة (3) والذي يسمح بإيجاد الحل الأفضل من خلال احتسابه لتقييم يتناسب طردياً مع قيمة كل من تابع المثانة NC وتابع الشفافية PSNR وعكساً مع الفرق بينهما (لأن الفرق الكبير يشير إلى أن قيمة إحداهما ضعيفة) [6].

$$EF = \frac{NC * \frac{PSNR}{100}}{|NC - \frac{PSNR}{100}| + 1} \quad (3)$$

بعد انتهاء الجيل الواحد نقوم بعملية تحديث الفيرومونات، حيث يتم تحديث الفيرومونات  $\gamma_j$  لكل كتلة اعتماداً على كل من جداء القيمة السابقة له بالثابت (القيمة 0.5) وعلى مجموع توابع تقييم النملات EF التي اتخذت هذه الكتلة خلال مسارها [5]، كما هو موضح في المعادلة (4)

$$\gamma_j = a \gamma_j + \sum_{i=1}^n EF_i \quad (4)$$

وبعد عدد محدد من الدورات تختار خوارزمية النمل الحل الأفضل [11]، ألا وهو الحل ذو القيمة العظمى لكل من تابعي المثانة والشفافية معاً (تابع التقييم الأعلى).

## 6. النتائج والمناقشة

تم استخدام MATLAB في عملية التنفيذ لنحصل على مجموعة نتائج توضح كفاءة خوارزمية العلامة المائية وذلك من خلال حساب تابعي الشفافية

بعد التضمين



الشكل (a-2): صورة الحامل Lena قبل التضمين وبعده



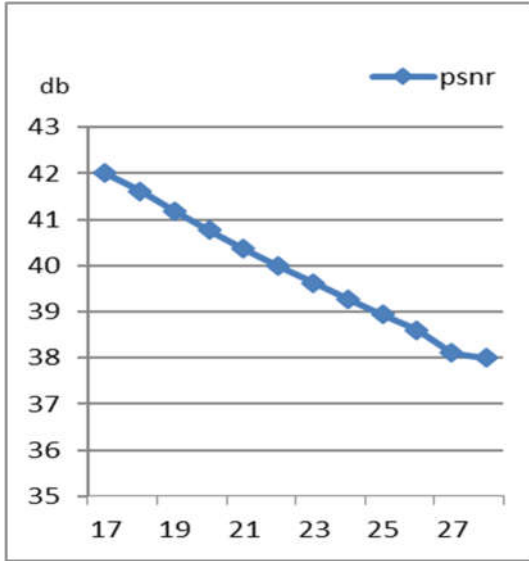
الشكل (b-2): صورة الحامل Dolphin قبل التضمين وبعده



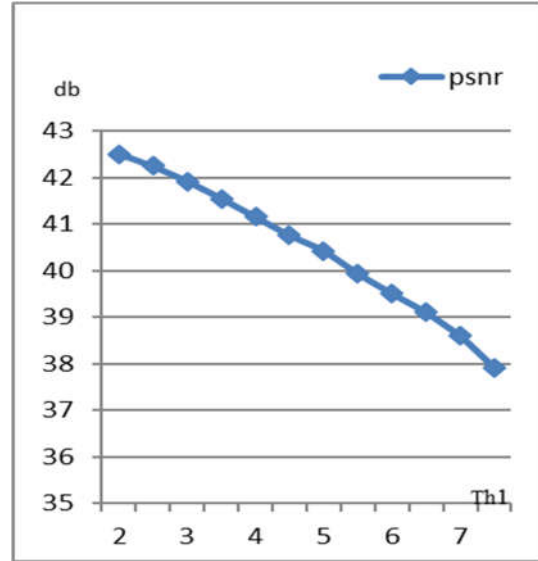
الشكل (c-2): صورة الحامل Goldhill قبل التضمين وبعده

### الشكل (2): مقارنة للصور الحامل قبل وبعد التضمين

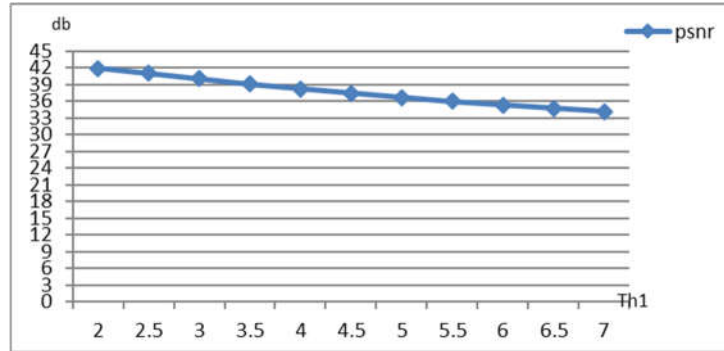
تم الاعتماد على معامل تصغير ثابت بقيمة  $0.99$ ، تمثل أكبر قيمة ممكن اعتبارها بمثابة معامل تصغير، بينما قمنا بمعايرة معامل التكبير ودراسة تأثيره على تابع الشفافية، إذ أنه بازدياد قيمته تزداد المسافة بين قيم المعاملين (مجموع قيمة المعاملين المعدلين بالقيمة المطلقة) مما يقود إلى ارتفاع قيمة المتانة ولكن على حساب تابع الشفافية. اعتمدنا على عتبة استرجاع ذات قيمة مساوية إلى نصف قيمة معامل التكبير المعياري نظراً لمحدودية تأثير الهجمة في تعديل قيمة المعاملين (المسافة بينهما). يوضح الشكل 3 معايرة معامل التكبير المستخدم خلال عملية التضمين لأجل كل صورة حامل على حدا.



الشكل (b-3): معايرة معامل التكبير عند استخدام صورة الحامل Dolphin



الشكل (a-3): معايرة معامل التكبير عند استخدام صورة الحامل Lena



الشكل (c-3): معايرة معامل التضخيم عند استخدام صورة الحامل Goldhill

الشكل (3): معايرة معامل التكبير المستخدم في علاقة التضمين



الشكل (c-4): العلامة المائية المسترجعة باستخدام صورة الحامل Dolphin



الشكل (a-4): العلامة المائية الأصلية



الشكل (d-4): العلامة المائية المسترجعة باستخدام صورة الحامل Goldhill



الشكل (b-4): العلامة المائية المسترجعة باستخدام صورة الحامل Lena

الشكل (4): العلامة المائية المسترجعة بعد تعرض الصورة ذات العلامة المائية إلى هجمة ملح وفلفل

مما سبق نجد أن خوارزمية تضمين العلامة المائية المقترحة في المجال الترددي، قدمت نتائج جيدة في تحقيق متطلبات العلامة المائية وذلك بالاعتماد على كل من خوارزمية التضمين المقترحة ومستعمرة النمل لتحديد الكتل الهامة من كتل تحويل التجب المنقطع بهدف تنفيذ عملية تضمين العلامة المائية ضمنها.

## 7. الاستنتاجات

قدما في هذا البحث خوارزمية تضمين علامة مائية ضمن الصور الرقمية في المجال الترددي باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل بهدف تحقيق حماية حقوق ملكية الصور الرقمية، تم تضمين العلامة المائية في الصورة الحامل بعد تحويلها إلى المجال الترددي باستخدام تحويل التجب المنقطع وفي كتل محددة المواقع وفقاً لخرج خوارزمية النمل وفي زوج محدد من المعاملات ينتمي إلى الترددات المتوسطة باستخدام علاقة التضمين المقترحة، حيث أثبتت الخوارزمية مرونة عالية في اختيار مواقع الكتل اعتماداً على كل من طبيعة الصورة والهجمات المنفذة، كما قدمت نتائج جيدة في مائة العلامة المائية وذلك بعد تعرضها لأنواع مختلفة من الهجمات المعادية.

## References

- [1] C.W. TANG, H-M. Hang, 2003, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 51, pp. 950-959, "A feature-based robust digital image watermarking scheme"
- [2] Ferda ernawan, Muhammad nomani kabir, April 2018, Digital object identifier 10.1109/ACCESS.2018.281944,vol.6,"A robust image watermarking technique with an optimal dct-psychovisual threshold",
- [3] G.Strang,1999, volume 41, number1, pp.135-147, SIAM review, "the discrete cosine transform"
- [4] Lino Evgueni Coria Mendoza, 2008 -"Low-Complexity Methods For Image And Video Watermarking", PHD thesis-The University of British Columbia
- [5] Marco Dorigo, Thomas Stuzle, 2004, "ant colony optimization"
- [6] Mohamad S.A., Yahyam.N., Mahamad Sh., Lara K., 2011- research journal of Aleppo university ,issue 96—"development robust watermarking algorithm using ga"
- [7] M. Islam and R. H. Lascar, 2017, "geometric distortion correction based robust watermarking scheme in LWT-SVD domain with digital extraction using SVM", multimedia tools appl., pp.1-28,
- [8] Petitcolas, F.A.P., R. J. Anderson, and M.G. Kuhn, 1999, proceedings of the IEEE, vol. 87, no. 7, "Information Hiding- A Survey".
- [9] T.Bhaskar, D.Vasumathi, 2015,international research journal of engineering and technology(IRJET)," vol. 2, issue 3, pp. 738-741 "DCT based watermark embedding into mid frequency of DCT coefficients using luminance component"

تم اختيار معامل التكبير: 4, 26, 7, للصور Lena ، Goldhill ، Dolphin، على الترتيب لأنها أعلى قيمة ممكنة حيث المئات الأعلى ولكن مع الحفاظ على قيمة تابع الشفافية أعلى من الحد الأدنى المسموح. يوضح الشكل 4، كل من العلامة المائية الأصلية والمسترجعة بعد تعرض الصور ذات العلامة المائية إلى هجمة ملح وفلفل، يوضح الجدول 1 مقارنة تابع الارتباط المقيس في الخوارزمية المقترحة عند تطبيق هجمات ضجيج وترشيح مختلفة على الصورة ذات العلامة المائية.

**جدول (1):** مقارنة تابع الارتباط المقيس عند تطبيق هجمات ضجيج وترشيح مختلفة على الصورة ذات العلامة المائية

Attacks		Lena	Dolphin	Goldhill
Median	3*3	0.86	0.97	0.63
Gaussian	3*3	0.98	1	0.98
Salts Peppers intensity		0.007	0.75	0.84
		0.01	0.69	0.77

نجد من الجدول 1 أنه تمكنت الخوارزمية من تحقيق استرجاع سليم للعلامة المائية المضمنة وأن قيمة تابع المئات عالية وحتى بعد تعرض الصورة ذات العلامة المائية إلى أنواع مختلفة من الهجمات من ضجيج وتنعيم. يتمتع معاملي زوج الكتل الترددية في صورة Dolphin بالتباعد الأكبر فيما بينها وهذا يساعد (خلال عملية الاسترجاع) أن تبقى المسافة بين المعاملين المحددين أعلى من العتبة المطلوبة لكشف البت ذو القيمة واحد من العلامة المائية والعكس بالعكس، وحتى بعد تعرضها للهجمات وذلك بشكل أفضل عن نظائرها في الصور المتبقية، لذا نجد قيمة تابع المئات مرتفع عندها. إن مقدار التباعد بين معاملي زوج الكتل الترددية لصورة Lena و Goldhill متقارب، إلا أن طبيعة الصورة تلعب دوراً هاماً ففي صورة Lena التي تنتمي للترددات المتوسطة، نجد أن تأثير المرشح الأوسطي عليها أقل من صورة Goldhill. إذ تعمل الهجمة على استبدال قيمة البيكسل المركزي من كل كتلة بوسيط قيم بيكسلات تلك الكتلة وعلى اعتبار أن النسيج متماهي بشكل أكبر في صورة Lena فلم تؤثر عملية الاستبدال على القيمة المركزية بقدر تأثيرها على صورة Goldhill التي تنتمي للترددات العالية. وبهذا نجد أنه يلعب كل من طريقة التضمين المعتمدة، طبيعة كل من الهجمة والصورة الحامل دوراً في هذه النتائج. نقدم في الجدول 2 مقارنة نتائج الخوارزمية المقترحة مع خوارزمية [2] والتي اعتمدت خلال عملية تضمين العلامة المائية في المعاملات الترددية لتحويل التجب المنقطع على استخدام عتبة مرئية أمثلية لضمان بناء أفضل للصورة ذات العلامة المائية، كما وتمت مقارنة نتائجنا مع خوارزمية [7] والتي اعتمدت على التحويل المويجي المنقطع وتحويل SVD، نلاحظ من الجدول 2 أن الخوارزمية المقترحة تفوقت بشكل كبير في استرجاع العلامة المائية وخاصة تجاه هجمة الضغط، حيث بلغت قيمة تابع المئات الواحد وحتى بعد تعرض الصورة ذات العلامة المائية إلى هجمة ضغط بمعامل جودة يصل إلى 30، ويعود السبب في ذلك إلى أن عملية الضغط تعتمد على تحويل التجب المنقطع نفسه ومن ثم تكميم المعاملات الترددية وبما أن عملية التكميم لن تؤثر على المسافة بين معاملي الزوج (تبعاً لعتبة الاسترجاع المعتمدة) في كل كتل الصور ذات العلامة المائية، فهذا ساهم في نجاح استرجاع العلامة المائية بشكل كامل. ولكنها أخفقت عند عامل الجودة الأقل من 30 وهذا يعتبر طبيعي نتيجة التشوه الكبير الطارئ على الحامل نفسه.

**جدول (2):** مقارنة نتائج الخوارزمية المقترحة تجاه هجمة الضغط مع عامل جودة مختلف مع الخوارزميتين [2]، [7].

هجمة الضغط	الخوارزمية المقترحة	[2]	[7]
JPEG(QF=30)	1	0.78	0.94
JPEG(QF =40)	1	0.87	0.98
JPEG(QF =50)	1	0.99	0.99
JPEG(QF =60)	1	1	0.99
JPEG(QF =60)	1	1	1

- [12] Y. Bei, D. Yang, M. Lu, L. Zhu, 2011, in proc of the IEEE international conference on computer science and automation engineering, pp. 305-308, "a multi channel watermarking scheme based on hvs and DCT-DWT"
- [10] Van Schyndel, R. G., A. Tirkel, and C.F. Osborne, 1994, in proceedings of the IEEE international conference on image processing, vol. 2, "A Digital Watermark"
- [11] W.J. Gutjahr 2002, information processing letters 82(3):145-153, "ACO algorithm with guaranteed convergence to the optimal solution".

## Development of a Watermark Embedding Algorithm within Digital Images in Frequency Domain using Ant colony Algorithm

Lara Fathi Kadid<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Engineering and technology faculty, Cordoba Private University, Syria, laraakadid@yahoo.com

\* Lara Fathi Kadid, laraakadid@yahoo.com

Published online: 31 December 2019

**Abstract**— In this paper, an algorithm of watermark embedding within digital cover images was developed, in order to guarantee the copyright of digital images. The proposed algorithm depends transform the image to frequency domain, and ant colony algorithm to determine the optimal blocks to execute the embedding process. Many factors affects the achievement of watermark requirement, the most important factors are embedding domain, embedding method, coefficient used for embedding and blocks locations where The optimal location of them, that varies depending on the nature of the image and the attacks. First, we divided the cover image into 8\*8 blocks and calculating standard deviation between their pixels to detect blocks of pixels with strong edges, which is considered the best in the embedding process due to its robustness towards the attacks. Then we used DCT (Discrete cosine transform) on blocks to transfer the original cover image to frequency domain and execute the embedding process relying on the proposed algorithm in two coefficients that belong to the medium frequency of the specific blocks from ants algorithm which provides flexibility in determined the most important blocks in terms of balancing between robust of watermark and transparency of the watermark image. The proposed algorithm provided good results in the watermark robustness and transparency in proportion to the nature of cover image towards various types of image processing.

**Keywords**— Watermark, ant colony algorithm, frequency domain, discrete cosine transform.