

استراتيجية فعالة لتضمين العلامة المائية في

الصورة الرقمية أثناء عملية ضغطها بصيغة JPEG

ياسر سعيد خضرا

استاذ مساعد - كلية الهندسة الميكانيكية
والكهربائية / قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات
جامعة البعث

وفاء منصور

طالبة ماجستير - كلية الهندسة الميكانيكية
والكهربائية / قسم هندسة الاتصالات
جامعة البعث

ملخص

أصبح تبادل الوسائط الرقمية عبر الانترنت أمراً سهلاً للغاية، إذ يمكننا بسهولة نقل الصوت والفيديو والصور عبر الانترنت وبسرعة عالية. تعتبر الصور الرقمية المضغوطة بصيغة JPEG من أكثر الصور تداولاً وانتشاراً عبر الانترنت لما تتمتع به من مزايا خاصة كالحجم المنخفض والدقة الجيدة. لكن عملية حماية حقوق النشر وتحديد هوية المستخدم لهذه الوسائط يعتبر من القضايا الهامة جداً. من أكثر طرق الحماية فعالية وأهمها على الإطلاق هي تقنية العلامة المائية الرقمية. تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع جداً لحماية الوسائط الرقمية من الاستخدام المزدوج وغير المصرح به بحيث يجب أن تفي بمعياري المتانة وعدم الإدراك. تم في هذا البحث اقتراح استراتيجية فعالة لإخفاء العلامة المائية في نظام ضغط الصور JPEG من أجل تحسين حماية الصور الرقمية. تم اختبار الطريقة المقترحة في البيئة البرمجية ماتلاب ومقارنة أداءها مع عدة طرق أخرى تستخدم لنفس الغرض. أثبتت النتائج تفوق الطريقة المقترحة في ظل فئات مختلفة من الهجمات كالضجيج والاقتصاص والتدوير وغيرها.

كلمات مفتاحية: إخفاء المعلومات، العلامة المائية الرقمية، ضغط الصورة الرقمية،

.DCT, JPEG

An efficient watermarking embedding strategy on digital images with JPEG compression process

Wafaa Mansour
Master student, Faculty of Electrical
and Mechanical Engineering –
Department of Communication
Engineering
Al-Baath University

Yasser Said Khadra
Assistant Professor, Faculty of
Electrical and Mechanical
Engineering – Department of
Communication Engineering
Al-Baath University

Abstract

Sharing digital media over the Internet has become very easy, as we can easily transfer audio, video, and images over the Internet at high speed. Compressed JPEG digital images are among the most popular on the Internet due to their low size and good resolution. But protecting copyright and identifying the owners of this media is a very important issue. Digital watermarking technology is one of the most effective and important protection methods. This technique is widely used to protect digital media against dual and unauthorized use, ensuring the criteria of robustness and imperceptibility will be met. In this paper, an efficient strategy for embedding the watermark within a JPEG compressor system is proposed in order to improve the protection of digital images. The proposed method performance has been tested in MATLAB environment and compared with several methods that are used for the same purpose. Experimental results proved the superiority of the proposed method under different categories of attacks such as denoising, cropping, rotation, and others.

Keywords: Hiding information, Digital watermark, Digital image compression, JPEG, DCT.

مقدمة

أدى النمو السريع لتقنيات الانترنت، والوسائط المتعددة، وتقنيات مشاركة الملفات إلى جعل مواقع الويب، والشبكات الاجتماعية أداة مفيدة جداً في حياتنا، إذ يستطيع اليوم أي شخص مشاركة كل ما يريد مشاركته مثل الصور ومقاطع الفيديو والمستندات وما إلى ذلك مع أي شخص آخر. لكن بالمقابل فإنه مع سهولة الوصول إلى برامج معالجة الوسائط الرقمية أصبح من السهل جداً إعادة إنتاج بيانات الوسائط المتعددة ومعالجتها وتوزيعها بشكل أسهل بكثير من أي وقت مضى. مع هذا التقدم أصبح من السهل العبث بهذه البيانات، والوسائط مثل توزيعها، أو نسخها بشكل غير قانوني [1]. أدى هذا الأمر إلى نشوء حاجة ملحة لحماية حقوق النشر والملكية وزيادة الطلب على حماية البيانات وحقوق النشر بالإضافة إلى الطلب الكبير على أمن المعلومات [2,3]. لهذه الأسباب وغيرها، أصبحت العلامات المائية الرقمية شائعة جداً في هذا المجال كحل ممكن وفعال للحفاظ على حقوق الملكية الرقمية لمالك المحتوى الرقمي، إذ يتم استخدام العلامة المائية الرقمية لحماية حقوق الملكية الفكرية، ومنع التزوير والتلاعب [3,4].

مشكلة البحث:

تعتبر الصور الرقمية بصيغة JPEG هي أكثر أنواع الصور تداولاً وذلك بسبب جودتها المقبولة وحجمها المنخفض فهي تعتمد تقنية الضغط مع فقد Lossy Compression وفق خوارزمية JPEG. تكمن مشكلة البحث في إيجاد الطريقة المثلى لإخفاء المعلومات ضمن الصورة الرقمية واختيار الموضع الأمثل ضمن في خوارزمية JPEG لإخفاء العلامة المائية.

هدف البحث:

تتكون عملية ضغط الصور الرقمية من عدة مراحل متعاقبة كل منها يتطلب تحويلات رياضية ومعالجة خاصة. وبالتالي يهدف البحث إلى تحسين حماية الصور الرقمية

المضغوطة بصيغة JPEG باستخدام العلامة المائية بما يضمن أفضل حماية ممكنة للعلامة المائية تحت مختلف أنواع الهجمات التي يمكن أن تتعرض لها الصورة الرقمية .

تتجلى أهمية البحث باستخدام العلامة المائية في عمليات حفظ الحقوق للمنتجات الرقمية و الحد من عمليات القرصنة و النسخ غير المشروع لها و المساهمة في حماية الوثائق الإلكترونية من التزوير و الحفاظ على أمن المعلومات الرقمية.

نقدم في هذا البحث استراتيجية فعالة لإدراج علامة مائية منيعة في الصور المضغوطة بصيغة JPEG. تقوم الطريقة المقترحة على إدراج العلامة المائية في الصورة أثناء عملية الضغط وبالتحديد ضمن القناة Cr التي تعتبر أقل عناصر الصورة حساسية للعين البشرية. تبين النتائج أن الطريقة المقترحة منيعة بشكل جيد تجاه طيف واسع من أنواع الضجيج والهجمات التي تتم على الصورة الرقمية.

العلامة المائية الرقمية

تعرف العلامة المائية الرقمية على أنها إشارة رقمية يتم ادخالها في الملفات الرقمية لتحمل معلومات خاصة بحقوق الملكية دون الإنقاص من جودة الصورة الأصلية [2]، أو طريقة لحماية حقوق الملكية لأصحاب الوسائط الرقمية عموماً مثل: الملفات النصية، الصور الرقمية، الملفات الصوتية، الفيديو، DVD (Digital Versatile Disc)، البرامج... الخ [3]، تمثل العلامة المائية التوقيع الخاص لمالك أو صاحب الوسيط الرقمي (الأفراد، شركات الانتاج أو شركات التوزيع) يستطيع من خلاله إثبات ملكيته حتى إذا تم نسخ محتواه أو محاولة تعديله أو تشويبه بأي طريقة كانت [2،4].

مع بدايات القرن العشرين بدأت عمليات التعامل الموثق بين الدول، ما أدى إلى ظهور العديد من الأوراق المعترف عليها رسمياً للتداول فيما بينها، كالأوراق النقدية والطابع وجوازات السفر وغيرها. ظهرت العلامة المائية لتحديد الملكية وحمايتها وتزويد الأوراق

المهمة بعلامات خاصة تمنع تزويرها أو سرقتها وتثبت ملكيتها لجهة معينة، فالدولار الأمريكي العملة الرسمية الأكثر تداولاً بين دول العالم، فإذا نظرنا إلى ورقة من فئة الـ 100 دولار الأمريكي في ضوء واضح يمكن لنا التحقق من وجود صورة الرئيس غرانت على الدائرة البيضاء على طرف الورقة. يتم تضمين الصورة على يمين الورقة بحيث يمكن رؤيتها من جانبي الورقة كعلامة مائية كما هو مبين في الشكل (1).



الشكل (1) العلامة المائية في عملة 100 دولار الأمريكية

خصائص العلامة المائية

إن الازدياد المفاجئ في الاهتمام بالعلامة المائية يعزى على الأرجح الى الازدياد بالاهتمام بحماية حقوق الطباعة والملكية للوثائق إذ تعتبر العلامة المائية الرقمية إحدى أفضل الحلول الفعالة لمنع النسخ غير المصرح به لبيانات الوسائط المتعددة وتعديلها وإعادة توزيعها. لكي تكون العلامة المائية الرقمية قادرة على تحقيق حماية حقوق النشر والطباعة بشكل فعال يجب أن يتوفر في الآلية التي تقوم بتنفيذ العلامة المائية المتطلبات الأساسية الآتية:

• المتانة Robustness

تعني قدرة العلامة المائية على الصمود أمام التغيرات و التعديلات التي تتم على المحتوى والحفاظ على سلامتها من التخريب [21].

• عدم القدرة على الإدراك Imperceptibility

يجب أن لا يؤثر إضافة العلامة المائية على جودة الصورة بالاعتماد على خصائص نظام الرؤية البشري (HVS) human visual system .

• السعة Capacity

تعبر السعة عن عدد البتات التي يمكن تضمينها في صورة المضيف وتعتمد السعة المطلوبة على مجال التطبيق [24].

• الأمان Security

يجب ضمان عدم تمكن أي شخص غير مصرح له باكتشاف العلامة المائية أو إزالتها وتبديل محتواها.

• التعقيد Complexity

التعقيد يقاس بوحدة الزمن اللازم لإدراج أو استخراج العلامة المائية [23]. يوصى بتصميم خوارزمية العلامة المائية بشكل معقد لتفادي الهجمات التجريبية [24].

من الصعب جداً تلبية كل هذه المتطلبات دفعة واحدة لذلك غالباً ما يكون هنالك حاجة للمفاضلة بين هذه المتطلبات للحصول على أفضل النتائج حسب التطبيق المرجو تحقيقه من العلامة المائية كون هذه المتطلبات تتعارض مع بعضها البعض ويعتبر عاملي المتانة وعدم الإدراك أكثر المعايير المطلوبة في التطبيقات المختلفة .

ميزات العلامة المائية

تتميز العلامة المائية عن التقنيات الأخرى المخصصة لنفس الغرض (إخفاء المعلومات) بثلاث مزايا مهمة وهذه المزايا الثلاثة زادت من أهمية العلامة المائية [26]:

- 1- مخفية غير ظاهرة للعيان بخلاف غيرها من التقنيات.
- 2- تبقى ملازمة للمحتوى الذي أضيفت إليه بخلاف باقي التقنيات التي تتطلب الفصل عن المحتوى قبل عرضه أو تعريضه لأي عملية كتغيير الصيغة أو الضغط.
- 3- تخضع العلامة المائية لنفس العمليات التي يخضع لها المحتوى مما يعني أننا نستطيع معرفة العمليات التي أجريت على المحتوى بمجرد مراقبتنا للعلامة المائية.

الهجمات على العلامة المائية

الهجوم على العلامة المائية : هو محاولة إزالة أو إفساد العلامة المائية دون التأثير بشكل ملحوظ على وضوح الصورة بحيث لا يستطيع الطرف المستقبل لصورة العلامة المائية التحقق من وجود العلامة المائية. هناك طيف واسع جداً من الهجمات التي يمكن أن تتعرض له الصورة المتضمنة العلامة المائية لكن بالرغم من تنوع هذه الهجمات وكثرتها يمكن تصنيفها ضمن فئات أساسية [27,23]:

▪ هجمات الإزالة REMOVAL ATTACKS

تهدف هجمات الإزالة إلى الإزالة الكاملة لمعلومات العلامة المائية من البيانات ذات العلامة المائية مثل إزالة الضجيج denoising والتكميم quantization (أثناء الضغط) والتعديل remodulation وهجمات التواطؤ Collusion.

▪ الهجمات الهندسية GEOMETRIC ATTACKS

على عكس هجمات الإزالة، فإن الهجمات الهندسية لا تزال في الواقع العلامة المائية المضمنة نفسها، ولكنها تهدف إلى تشويه مزامنة كاشف العلامة المائية مع المعلومات المضمنة. يمكن للكاشف استعادة معلومات العلامة المائية المضمنة عند استعادة التزامن التام. إن الطرق الحديثة في وضع العلامات المائية قادرة على الصمود أمام هذه الهجمات بسبب استخدام تقنيات التزامن الخاصة. ومن هذه الهجمات تغيير القياس resize، الاقتصاص cropping، التدوير rotation.

من غير المناسب تقييم خصائص العلامة المائية دون النظر في مجال تطبيقها واستخداماتها. أهم تطبيقات العلامات المائية المصادقة Authentication، حماية حقوق النشر Copyright Protection، التحكم بالنسخ Copy Control، وبصمات الأصابع، مراقبة البث Broadcast Monitoring، وكشف هوية المالك Identification Owner، إثبات التلاعب Tamper Proofing، التطبيقات الطبية، وغيرها.

الدراسات السابقة :

قدمت الكثير من الأبحاث تطورات وتحسينات جيدة على تقنية العلامة المائية مثل:

- تقنية البت الأقل أهمية (LSB)

تعد طريقة البت الأقل أهمية الخوارزمية الأكثر استخداماً للعلامة المائية في المجال المكاني إذ يمكن استبدال البت الأقل أهمية (LSB) من عناصر صورة المختارة عشوائياً لإخفاء البت المأخوذ من العلامة المائية. يتم إدخال العلامة المائية في الأجزاء الأقل أهمية من الصورة المضيئة ويمكن استخراجها بنفس الطريقة، وهذا النوع من الخوارزميات سهل التنفيذ وبسيط. تحمل البتات الأقل أهمية معلومات أقل تأثيراً، وبالتالي لا تتأثر جودة الصورة المضيئة. توفر هذه الطريقة شفافية إدراكية عالية مع تأثير ضئيل على الصورة المضيئة. ومع ذلك، يمكن أن تتأثر هذه الخوارزمية بالضحيج غير المرغوب فيه، والقص، والضغط، وما إلى ذلك، وقد يتم مهاجمتها عن طريق ضبط جميع وحدات بت LSB على "1"، وتعديل العلامة المائية المضمنة بسهولة تامة.

- تحويل جيب التمام المتقطع (DCT)

يفصل تحويل جيب التمام المتقطع (DCT) الصورة إلى معاملات التردد المكافئة لها عن طريق تعديل مكونات التردد، والتي يمكن التعبير عنها كمجموع وظائف جيب التمام DCT هو تحويل مرتبط بـ Fourier ويعتبر مهماً جداً لضغط الصورة بتنسيق JPEG يتم تعريف DCT أحادي البعد (D1) بالمعادلة التالية:

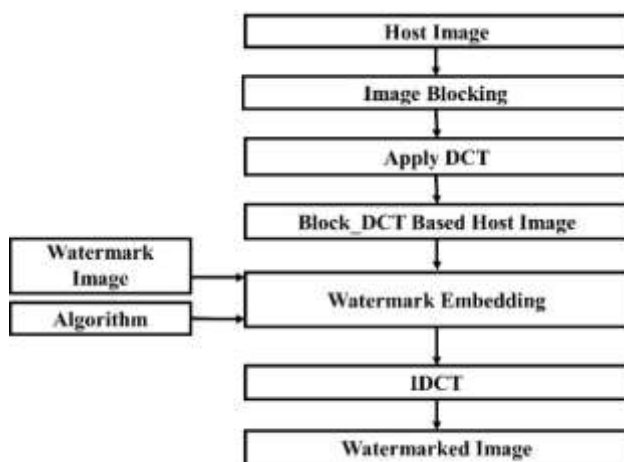
$$y(k) = a(k) \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{\pi(2n+1)k}{2N}\right), k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

والتحويل العكسي:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} a(k) y(n) \cos\left(\frac{\pi(2n+1)k}{2N}\right), n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

حيث: $-1 \leq k \leq 1$ ، $a(k) = \sqrt{\frac{2}{N}}$ ، $k = 0$ and $a(0) = \sqrt{\frac{1}{N}}$ ، N هو عدد عينات البيانات المعطاة $x(0), \dots, x(N-1)$ هي عينة بيانات الإدخال $y(k)$ هي

معاملات DCT ، و $a(k)$ هو عامل scaling. لقد تم إجراء العديد من الدراسات على طرق العلامات المائية للصور الرقمية في مجال DCT. والفكرة العامة للطريقة قائمة على مبدأ تقسيم الصورة المضيفة إلى كتل وبعد ذلك تطبيق تحويل DCT على هذه الكتل لنقلها لمجال التردد. يتم إدراج العلامة المائية في كتل الصورة المضيفة في مجال DCT. ثم يتم تطبيق تحويل جيب التمام المتقطع العكسي (IDCT) على الكتل وإعادة تجميعها للحصول على الصورة ذات العلامة المائية. أفضل وصف لطرق DCT التي توضح في الشكل (2). على الرغم من أن تقنيات DCT قوية ومقاومة لعمليات معالجة الصور الشائعة ، إلا أنها تتطلب قدرًا كبيرًا من الحسابات وتظهر أداءً ضعيفًا ضد هجمات التحويل الهندسي ، مثل تغيير القياس والتدوير والقص [26]. كما تم اقتراح إحدى الأنماط للعلامة المائية مع استخدام مكونات التردد المتوسط (MF) بحيث يمكن تحقيق حل وسط بين المتانة وعدم الإدراك [23]. من الدراسات المذكورة أعلاه ، قد نستنتج أن العلامة المائية للصورة تقاوم معظم الهجمات عند استخدام التضمين في مجال DCT. بالإضافة إلى ذلك، يُظهر التحويل المستند إلى DCT نتائج أفضل في تركيز الطاقة في المعاملات ذات الرتبة المنخفضة مقارنة بتحويل فورييه المتقطع (DFT) لبيانات الصورة.



الشكل (2) آلية إدراج العلامة المائية بالاعتماد على DCT

- تحويل فورييه المتقطع (DFT)

يستخدم تحويل فورييه المتقطع (DFT) عينات بمسافات متباعدة بانتظام ويستخدم DTF مجموعة من التوابع الأسية المترابطة بشكل متناغم. يمثل دخل DFT سلسلة من العناصر ممثلة في مجال التردد وينتج عنه إشارة منفصلة ودورية. يمكن استخدام DFT في العديد من التطبيقات العملية مثل معالجة الإشارة، ومعالجة الصور، والمرشحات، وعمليات الطي، وتحليل الطيف، وتحليل فورييه، ويمكن تعريف DFT أحادي البعد (D1) بالمعادلة التالية [26]:

$$y(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} kn\right), k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

حيث N هو عدد عينات البيانات المعطاة: $x(0), \dots, x(N-1)$ ، $y(0)$ هو معامل DFT. كما تم إجراء العديد من الدراسات على DFT في مجال العلامة المائية للصورة. توضح النتائج التجريبية أداءً محسناً لمعيار عدم الإدراك كما يتم تحسين المتانة ضد الهجمات الخارجية والعديد من عمليات معالجة الإشارات الرقمية مقارنة بالعديد من الخوارزميات المشابهة. تمت دراسة طريقة علامة مائية قوية بسيطة وسريعة تعتمد على DFT مع نصف قطر تنفيذ مثالي، حيث تم تضمين العلامة المائية في طيف تحويل فورييه وتبين أن تدهور جودة الصورة ذات العلامة المائية كان ضئيلاً من خلال معيار .PSNR

- التحويل المويجي المتقطع (DWT) [26,16]

التحويل المويجي المتقطع (DWT) هو أي تحويل مويجي يحلل الإشارة إلى موجات بدلاً من الترددات. في DWT يتم أخذ عينات من الموجات بشكل منفصل. الدقة الزمنية هي إحدى مزايا DWT على تحويلات DCT و DFT. يعد التحويل المويجي مفيداً في معالجة الإشارات الرقمية وضغط الصور وإزالة الضجيج من الإشارة. الفكرة الرئيسية في تحويل الموجات هي استخدام مجموعة من التوابع الأساسية (تسمى

الموجات) في مجال التردد والتي تحقق دقة عالية عند الترددات المنخفضة ويمكن الحصول على دقة زمنية عالية للترددات العالية عند استخدام التحويل المويجي. يتم تحديد DWT للإشارة $x[n]$ من خلال المعادلات التالية :

$$W_{\phi}[j_0, k] = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_n x[n] \Phi_{j_0, k}[k] \quad (4)$$

$$w_{\psi}[j, k] = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_n x[n] \psi_{j, k}[n], \text{ for } j \geq j_0 \quad (5)$$

حيث $W_{\phi}[j_0, k]$ معاملات التقريب وأما $w_{\psi}[j, k]$ فهي معاملات التفاصيل. تحلل تقنية العلامة المائية الأساسية DWT الصورة الأصلية إلى ثلاثة مستويات مختلفة إذ يتم تطبيق DWT ثم يقوم النظام بتضمين العلامة المائية في صورة المضيف باستخدام خوارزمية ما ثم يطبق DWT العكسي (IDWT) للحصول على الصورة ذات العلامة المائية. تأخذ عملية استخراج العلامة المائية الصورة ذات العلامة المائية كمدخلات وتطبق DWT على نفس المستوى. نلخص نتائج أحدث تقنيات العلامات المائية التي تمت دراستها في الجدول (1). يبين الجدول أن بعض خوارزميات العلامة المائية سهلة التنفيذ بينما تعمل بعض الخوارزميات على تقليل جودة الصورة إلى الحد الأدنى، ويقوم البعض الآخر بتشويه الصورة. بعض التقنيات معقدة وبعضها قوي للغاية ضد عمليات معالجة الصور الشائعة ولكنها ليست مقاومة للهجمات الهندسية، وهناك أنواع أخرى قوية للغاية في مواجهة الهجمات الهندسية ولكنها حساسة جداً للضجيج. يضمن بعضها قيم PSNR و NC جيدة، بينما ينتج البعض قيم PSNR منخفضة.

استناداً إلى الجدول (1) نستنتج أن الخوارزميات التي تعتمد DCT توفر متانة عالية وعدم إدراك جيد، بينما يُظهر LSB أقل مؤشرات من ناحية القوة وعدم الإدراك من بين كل الطرق المذكورة. يمكن ترتيب الطرق، من حيث تلبية متطلبات المتانة وعدم الإدراك كالتالي: $DCT > SVD > DWT > DFT > LSB$.

استراتيجية فعالة لتضمين العلامة المائية في الصورة الرقمية أثناء عملية ضغطها بصيغة JPEG

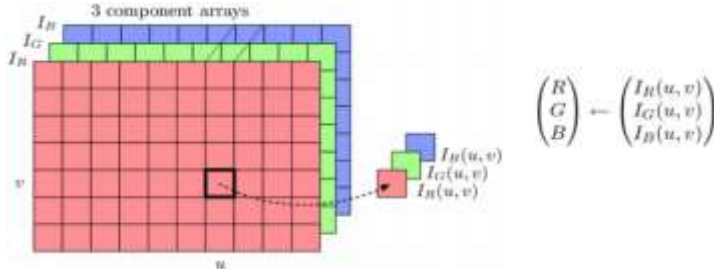
الجدول (1) ملخص الدراسات المرجعية حول العلامة المائية

التقنية المستخدمة	نوع الصورة	العامل الرئيس	المزايا	العيوب	مجال التطبيق
LSB	Color	المتانة	- جودة عالية لصورة العلامة المائية - مناعة للهجمات - PSNR جيد (47.6 ديسيبل) - سرعة عالية للتنفيذ	- ضعيفة في مطابقة صورة المضيف وصورة العلامة المائية	حماية حقوق التأليف والنشر
LSB hash	-	السعة	- استخراج بيانات العلامة المائية بشكل فعال	- قليلة المقاومة للهجمات المتنوعة	تحليل الهيستوغرام
ISB	Grayscale	المتانة	- تحسين المتانة - تشويه منخفض للصورة ذات العلامة المائية	- هشّة عند الهجمات الهندسية مثل الدوران والترشيح والقص.	مصادقة الصورة
DISB	Grayscale	المتانة والسعة	- قيم NCC جيدة - متانة أعلى من LSB - $PSNR > 30$ ديسيبل	- أقل قوة ضد الهجمات الهندسية مثل تغيير القياس والدوران. - مقتصر على عنصر صورة واحد	مصادقة الصورة
Generalized patchwork	-	المتانة	- متانة أفضل ضد هجمات الضغط	- ليست قوية ضد الهجمات العشوائية	تستخدم لمساحات كبيرة من صورة texture عشوائية
DCT and hash key	-	المتانة والأمن	- قوية ضد عمليات معالجة الصور الشائعة - أمانة	- هشّة في حالة tampering	مصادقة الصورة
DCT	Grayscale	سعة عالية ومناعة	- قادرة على تضمين 4096 بت - مقاومة ضد مرشح التمير المنخفض Gaussian وضغط JPEG	- أقل قوة ضد الهجمات الهندسية مثل الدوران والترشيح والقص.	مصادقة الصورة
DCT و CRT	Grayscale	المتانة وعدم الإدراك والأمان	- تعقيد حسابي أقل من SVD - يحسن الأمان - مقاومة هجمات ضغط JPEG وتأثيرات الوضوح	- غير مقاومة للهجوم العشوائي	مصادقة الصورة
DCT and linear interpolation	Color	المتانة	- قوي ضد الهجمات النورية، والهجمات الغير مرغوبة وهجمات ضغط JPEG. وهجمات الترشيح المتوسطة	- معقد	كشف التلاعب ومصادقة الصور وحماية حقوق النشر
DCT and repetition code	Color	المتانة عدم الإدراك	- قيمة PSNR أعلى - متانة أفضل ضد الترشيح والضجيج والهجمات الهندسية	- تعقيد عالي	ملكية حقوق النشر

ملكية حقوق النشر	- تعقيد عالي	متانة أفضل -تحسن PSNR -تحسن الأمن	المتانة	Grayscale	DCT and fractal encoding
مصادقة الصورة	- غير فعالة في معادلة الهستوغرام	- قوية في حال الهجمات الهندسية وغير الهندسية	المتانة وعدم الإدراك	Grayscale	Integer DCT, non-linear chaotic map, and DSR
حماية حقوق التأليف والنشر والأصالة	- ليست قوية تجاه العمليات الهندسية	- قوية ضد الترشيح والضجيج والحدة وضجيج جاما	المتانة وجودة الصورة	Color	DFT
حماية حقوق التأليف والنشر	- ضعيفة تجاه عملية الدوران - تعقيد مرتفع	- قوية ضد ضغط JPEG والاقترصاص والضجيج	المتانة والأمن	Grayscale	DFT and Chaotic system
حماية حقوق النشر ومعلومات المالك	- ضعيفة ضد عملية التحويل	- قوية عند الضجيج الغوسي وضجيج الملح والفلفل والسطوع	المتانة وعدم الإدراك	Color & Grayscale	DWT
حماية حقوق التأليف والنشر	- ضعيفة مع ضجيج الملح والفلفل	- قوية مع الضغط والقص والترشيح وإضافة الضجيج - مؤشر عدم إدراك جيد	المتانة وعدم الإدراك	Color	DWT and QR Decomposition
Microcontroller circuits	- معقدة	- أمنة ضد الهجمات الإحصائية	المتانة والأمن	Grayscale	DWT and chaotic system
حماية حقوق النشر مصادقة المحتوى	- ليست قوية مع التحويلات التي تتم على الصورة	- قوية في حال الدوران والضغط وضجيج الملح والفلفل، عدم إدراك أفضل ، $PSNR > 50$ ديسيبيل	المتانة وعدم الإدراك	Color and Grayscale	DWT and encryption
أمن معلومات الصورة	- معقدة	- قوية ضد الضغط والضجيج الغاوسي	المتانة وعدم الإدراك	Color	DWT and Haar wavelet
تحديد الملكية	- ليست قوية ضد الدوران والقياس	- قوية ضد ضغط JPEG والضجيج Gaussian والحدة والقص - يحتفظ بجودة الصورة	المتانة والجودة والأمن	Grayscale	SVD
الأمن الرقمي للصورة	- سعة منخفضة ، تغييرات كبيرة في القيم الفردية تسببها التغييرات الصغيرة للصورة	- قوية في حال التدوير والاقترصاص وضغط JPEG وضجيج الملح والفلفل والضجيج الغاوسي.	المتانة وعدم الإدراك	Grayscale	SVD and Homomorphic Transform [74]

الطريقة المقترحة

كما هو معروف أن الصور الرقمية الملونة تحوي ثلاث قنوات لونية لكل عنصر صورة وهي قنوات الألوان الحمراء والخضراء والزرقاء المعروفة بـ RGB ويمكن من خلال هذه الألوان الثلاثة انتاج أي لون آخر عند تغيير نسب الألوان المذكورة الشكل (5) [13].



الشكل (3) قنوات الألوان في الصورة الرقمية الملونة

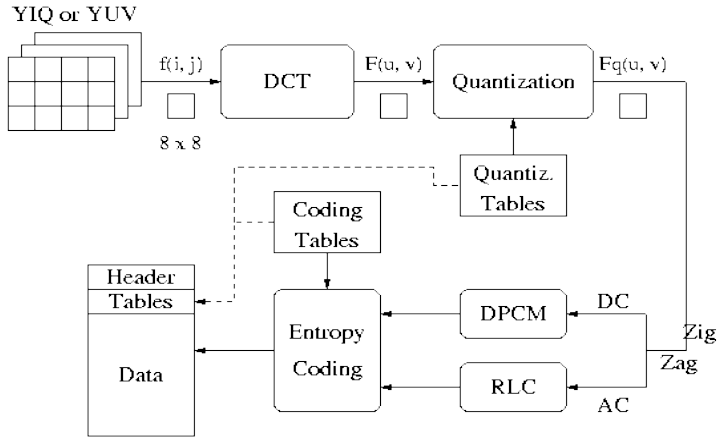
وفق مبدأ الضغط JPEG المبين في الشكل (4) فإن الصورة المراد ضغطها يتم تحويلها من صيغة تمثيل لوني RGB إلى صيغة التمثيل اللوني المعروف بـ YC_bC_r [9]، وفق المعادلة (6) حيث يتم فصل معلومات الألوان عن معلومات السطوع.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.29890 & 0.58660 & 0.11450 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.50000 \\ 0.50000 & -0.41869 & -0.8131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

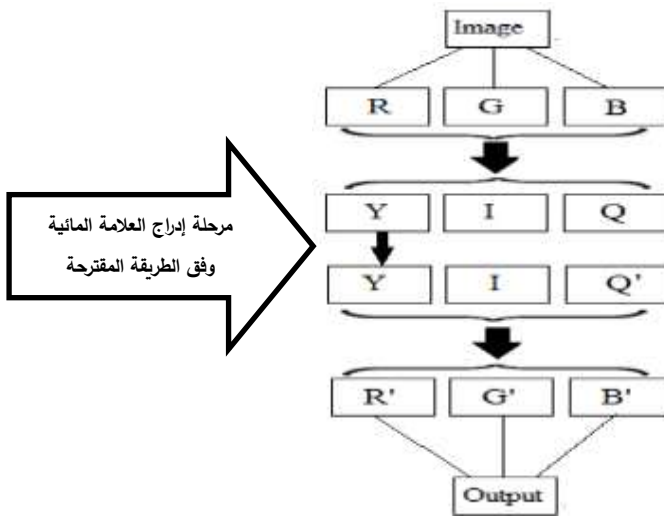
$$\begin{bmatrix} R \\ B \\ G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0.140200 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.7720 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} \quad (6)$$

ومن الأمور الهامة التي تميز نظام YC_bC_r وتجعله ذو أهمية:

- يتم فصل معلومات السطوع عن معلومات الألوان.
- تم تقليل الارتباط بين مكونات الألوان.
- تجميع معظم معلومات الصورة الرقمية إلى المكون Y ، بينما يوجد محتوى المعلومات أقل من المكونات C_bC_r .



الشكل (4) : مخطط يوضح آلية الضغط JPEG



الشكل (5): آلية تحويل الصور بين RGB و $YCbCr$ مع إظهار المنطقة المستهدفة [10].

يبين الشكل (5) آلية التحويل المتبادل بين RGB و $YCbCr$ ، وحسب [9] فإن التحويلات المباشرة والعكسية بين النموذجين تتطلب حد أدنى من وقت التحويل، إذ سنستفيد من هذه الخاصية في طريقتنا المقترحة لإدراج العلامة المائية ضمن الصورة المستهدفة.

كما يبين الجدول (1) لتحليل الدراسات المرجعية أن التقنيات التي تعمل في المجال الترددي أكثر كفاءة ومناعة من الطرق التي تعمل في المجال الحيزي لذلك اخترنا في طريقتنا إدراج العلامة المائية في المجال الترددي، وبما أن تحويل DCT من أفضل تقنيات إخفاء العلامة المائية التي تعمل في المجال الترددي وتتميز بكونها تعمل على تركيز طاقة الإشارة المحولة في التردد المنخفض. وبالإستفادة من حقيقة أن عين الإنسان أقل حساسية لمكون التردد المنخفض، فيمكن التركيز على هذا المكون وتقليل مكونات التردد العالي بعد أخذ DCT. تتدرج حساسية عين الإنسان من مكونات السطوح Y إذ أن العين البشرية تتحسس هذا المكون أكثر من المكونين الباقين ومن ثم تقل حساسيتها لمكون اللون C_b (الذي له علاقة بالمركبة اللونية الزرقاء) وتكون حساسيتها أقل ما يمكن بالنسبة للمكون الثالث C_r (الذي له علاقة بالمركبة اللونية الحمراء) [12,11].

أولاً: تحويل فضاء الألوان من RGB إلى YC_bC_r

كما ذكرنا سابقاً فإن YC_bC_r هو نموذج لوني يمثل فيه المكون Y معلومات النصوص luminance أو السطوح brightness للصورة الرقمية، بينما تمثل المكونات C_r, C_b الفرق اللوني للون الأزرق blue difference والفرق اللوني للون الأحمر red difference على التوالي، حيث يعتبر النموذج YC_bC_r بمثابة نسخة من النموذج اللوني YUV لكن بمفهوم آخر. وكما هو معروف يتم استخدام نموذج YC_bC_r في ضغط الصور والفيديو مثل JPEG, MPEG [13]. يتم استخدام نموذج الألوان YC_bC_r ومن أجل زيادة مناعة الصور بتنسيق JPEG ضد معظم أنواع الهجمات، ويمكن وصف نظام الانتقال بين النموذجيين اللونين المذكورين وفق العلاقة (6) السابقة [14].

ننتقل في طريقتنا من خطوة تحويل الصورة إلى المجال اللوني YC_bC_r نقوم باختيار احدى هذه المكونات الثلاث الناتجة عن عملية التحويل كما في الشكل (6). سنقوم باستهداف المكون C_r كونه المكون الأقل حساسية على عين الإنسان.

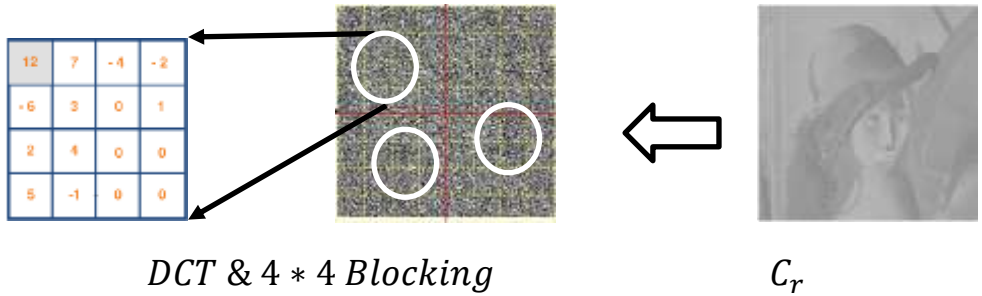


الشكل (6) أولى خطوات خوارزمية JPEG تحويل الصورة من RGB و YC_bC_r

ثانياً: تحويل جيب التمام المتقطع DCT

تقوم طريقة تحويل جيب التمام المتقطع DCT بنقل معلومات الصورة من المجال الحيزي إلى المجال الترددي إذ تقوم هذه الطريقة بتحليل المعاملات الترددية إلى ثلاث نطاقات ترددية مختلفة وهي نطاق التردد العالي والتردد المتوسط والتردد المنخفض ويتم ذلك بالاعتماد على آلية المسح المتعرج Zig-Zag (كما سنوضح في الخطوة التالية). إذ أن معظم طاقة الإشارة تتركز في نطاق التردد المنخفض والذي يمثل الجزء الأهم من مكونات الصورة في المجال الترددي وأي تغيير في هذا الجزء قد يؤدي إلى انخفاض جودة الإشارة. وبالنسبة لنطاق التردد العالي فهو يملك أقل طاقة وبالتالي هو ضعيف جداً ضد الهجمات. ووفقاً لهذه المزايا المذكورة أعلاه فإنه من الأفضل إدراج العلامة المائبة في نطاق التردد المتوسط، ويجب الإشارة هنا إلى أن تقنية DCT ذات مناعة جيدة تجاه

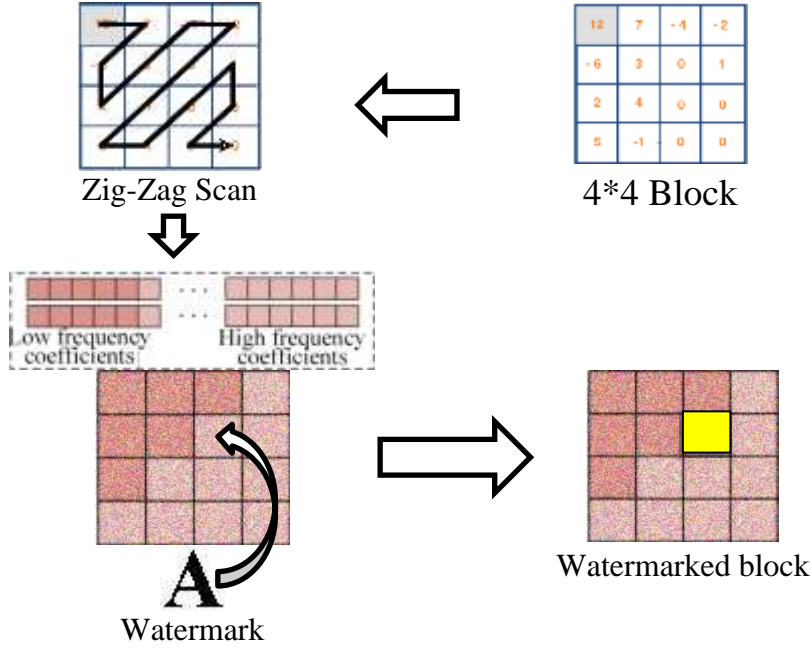
عمليات التحسين مثل: الترشيح *filtering*، السطوع *brightness*، تعديل التباين *contrast adjustment*، والتشويش *blurring* وما إلى ذلك، ولكن لا تمتلك مناعة كبيرة تجاه العمليات الهندسية التي تتم على الصورة مثل عمليات التدوير *rotation*، وتغيير القياس *scaling*، والقص *cropping* [15]. وبالتالي نأخذ الصورة من قناة C_r ونحول الصورة إلى مجال DCT ومن ثم نقسم الصورة إلى كتل، أبعاد الكتلة $4*4$ الشكل (7).



الشكل (7) تحويل الصورة C_r وفق DCT وتقسيمها إلى كتل $4*4$

ثالثاً: المسح المتعرج Zig-Zag

إن عملية المسح المتعرج التي تعمل على ترتيب النطاقات الترددية للكتلة المستهدفة من النطاق الترددي الأدنى مروراً بالنطاق الترددي المتوسط وانتهاءً بالنطاق الترددي الأعلى لمكونات هذه الكتلة المستهدفة. يتم إجراء مسح متعرج لكل كتلة من كتل الصورة ومن ثم إدراج جزء من العلامة المائية في الكتلة الحالية ضمن نطاق التردد المتوسط الشكل (8).



في كل كتلة من كتل الصورة الشكل (8) المسح المتعرج وإدراج العلامة المائية

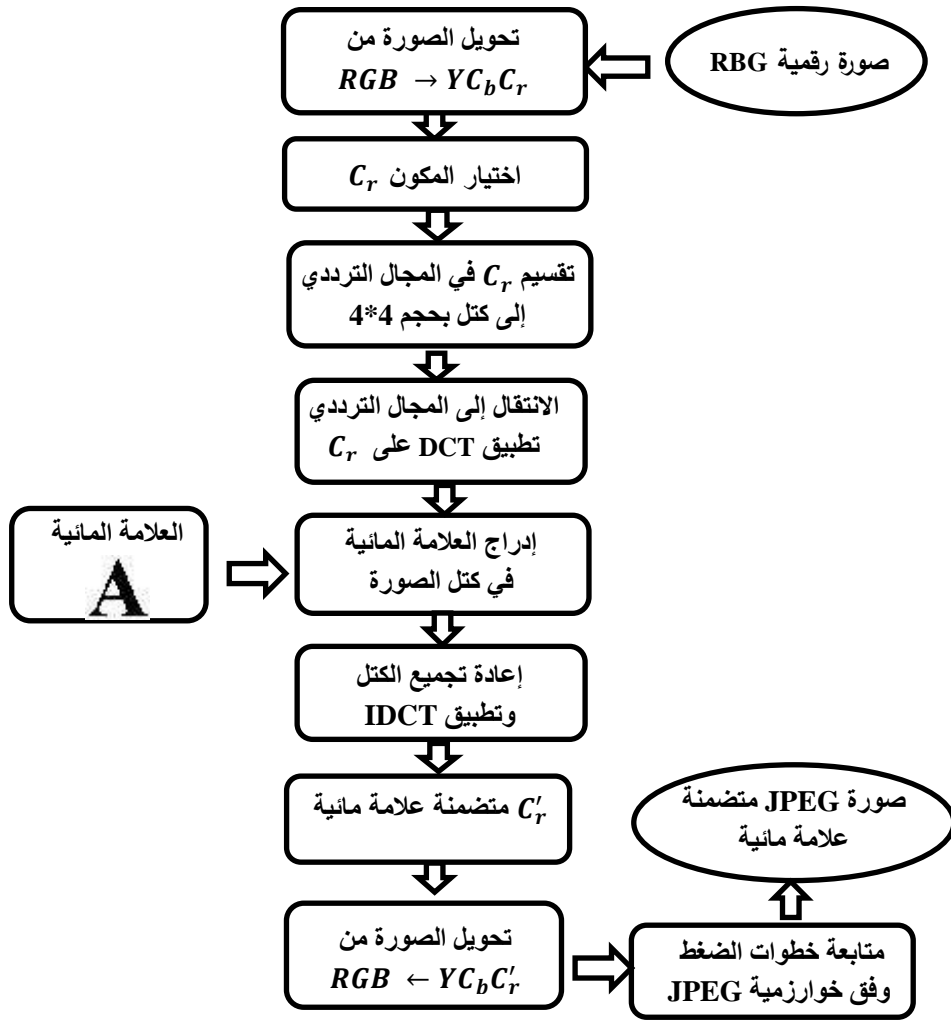
رابعاً: العودة إلى النطاق الحيزي IDCT

بعد معالجة كل أجزاء العلامة المائية وإدراجها بشكل كامل ضمن كتل الصورة نحصل على نسخة من الصورة ذات العلامة المائية في المجال الترددي

خامساً: الحصول على صورة تتضمن علامة مائية ضمن قناة C_r

بعد تجميع الكتل ذات العلامة وإعادة الصورة إلى شكلها الطبيعي بواسطة IDCT نحصل على نسخة من الصورة في القناة C_r' تحتوي على علامة مائية متينة، ومن ثم نقوم بإعادة تجميع الصور من القنوات الثلاث (Y, C_b, C_r') لنحصل على صورة متضمنة علامة مائية. ويمكن تلخيص خطوات الطريقة المقترحة وفق المخطط المبين في الشكل

(9).



الشكل (9) مخطط توضيحي للطريقة المقترحة في إخفاء العلامة المائية

النتائج والمناقشة

قمنا هنا باختيار مجموعة من الصور المعيارية (التي تستخدم في مثل هذه الأبحاث لسهولة المقارنة مع الأبحاث المشابهة) لاختبار أداء الخوارزمية المقترحة وقمنا بتطبيق عدة أنواع من الهجمات على الصورة مثل هجمات إضافة الضجيج (Poisson, Speckle,) هجمات من الهجمات على الصورة مثل هجمات إضافة الضجيج (Poisson, Speckle,) و هجمات التعديلات الهندسية (Resize, Translate,) و هجمات التعديلات الهندسية (Guassian, Salt&Pepper)

(Corp) من ثم قمنا بإعادة استخراج العلامة المائية لاختبار كفاءة الأداء، نبين فيما يأتي المعيارين الكميّين الذين استخدمناهما لتقييم نتائج الطريقة المقترحة:

تقييم عدم الإدراك

يتم من خلال معيار مؤشر التشابه البنيوي SSIM Structural Similarity Index تقييم معيار عدم الإدراك بالنظام البصري البشري (HVS). فهو طريقة للتنبؤ بجودة صورة حدث عليها تغير في المعلومات الهيكلية (الصورة ذات العلامة المائية) بالمقارنة مع معيار مرجعي (الصورة الأصلية). ويختلف هذا المعيار عن MSE و PSNR بأنه يعمل على تقدير الأخطاء المطلقة بين الصورتين كما هو مبين بالعلاقة الآتية:

$$SSIM(x, \bar{x}) = \frac{(2\mu_x\mu_{\bar{x}}+c_1)(2\sigma_{x\bar{x}}+c_2)}{(\mu_x^2+\mu_{\bar{x}}^2+c_1)(\sigma_x^2+\sigma_{\bar{x}}^2+c_2)} \quad (7)$$

حيث μ_x متوسط $\mu_{\bar{x}}$ عناصر الصورة الأصلية x وعناصر الصورة المتضمنة العلامة المائية \bar{x} على التوالي. σ_x^2 ، $\sigma_{\bar{x}}^2$ التباين variance بين عناصر الصورة الأصلية وعناصر الصورة المتضمنة العلامة المائية y على التوالي. $\sigma_{x\bar{x}}$ التباين covariance بين الصورتين الأصلية وذات العلامة المائية x, \bar{x} . $c_1 = (k_1L)^2, c_2 = (k_2L)^2$. L المجال الديناميكي متغيرين لملاءمة عملية القسمة عندما يكون المقام ضعيف، حيث $k_1 = 0.01, k_2 = 0.03$. أما الثوابت $(2^{\#bits \text{ per pixel}} - 1)$. يأخذ معيار مؤشر التشابه البنيوي SSIM Structural Similarity Index قيمة ضمن المجال $[0,1]$ ، وتكون القيمة 1 في حال هناك تطابق تام بين الصورة الأصلية والصورة المَعْلَمة مائياً وكلما اقتربت القيمة من 1 كلما كانت الصورة أكثر قرباً من الصورة الأصلية وكانت الصورة أكثر جودة.

تقييم المتانة ضد الهجمات:

يستخدم هذا المعيار من أجل قياس مدى ارتباط العلامة المائية المستخرجة من الصورة مع العلامة المائية الأصلية حيث يأخذ قيمه ضمن المجال $[0,1]$ فإذا كانت قيمته 1 غ فهذا يدل على أن الارتباط تام بين العلامة المائية المستعادة والأصلية. من المعروف أن الضجيج يحدث بشكل دائم على الصور ولاختبار فعالية الطريقة المقترحة ومناعتها للهجمات قمنا بتطبيق أربع أنواع مختلفة من الضجيج وحساب الارتباط الطبيعي NC Normalized correlation بين العلامة المائية الأصلية والمستخرجة من الصورة بعد الهجمات:


























$$NC = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n w(i,j) * \bar{w}(i,j)}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n [w(i,j)]^2} \quad (8)$$

$w(i,j)$ العنصر (i,j) لصورة العلامة المائية الأصلية $\bar{w}(i,j)$ العنصر (i,j) لصورة العلامة المائية المستعادة وكما هو معروف بالنسبة للارتباط الطبيعي كلما اقتربت القيمة من 1 كلما كانت النتائج أفضل والتشابه بين الصورة الأصلية والمستعادة أعلى.




النتائج وتقييم الأداء:















قمنا هنا بتطبيق أنواع من الهجمات الهندسية المختلفة كالاقتصاص 'crop' تغيير القياس 'Resize'، والنقل 'Translate'. ومن النتائج المبينة في الشكل (10) يمكن أن نلاحظ أن الاستراتيجية المقترحة أبدت بعض الضعف أمام هجمات تغيير القياس وهذا الأمر يرجع إلى كون الطريقة المتبعة في إدراج العلامة المائية DCT تعاني في الأساس من نقطة ضعف وهي أنها لا تمتلك مناعة عالية تجاه الهجمات الهندسية ولكن كانت النتائج جيدة من أجل هجمات الاقتصاص والنقل فقد تم استعادة العلامة المائية بدقة جيدة جداً وهذا يدل على إمكانية تجاوز نقاط الضعف التي وجدناها من أجل بقية الهجمات الهندسية.

كما هو مبين في الشكل (10) ، من أجل جميع أنواع الضجيج كانت الطريقة المقترحة قادرة على استرجاع العلامة المائية بدقة مقبولة وتشابه جيد مع العلامة الأصلية طبعاً مع حدوث تشوه طفيف من نفس طبيعة التشوه الذي يحدث على الصورة الأصلية.

Poisson	Speckle	Gaussian	Salt&Pepper
			
			
$NC = 0.93841$ $SSIM = 0.99805$	$NC = 0.79806$ $SSIM = 0.99283$	$NC = 0.80856$ $SSIM = 0.99297$	$NC = 0.85177$ $SSIM = 0.99524$
	Resize	Translate	Corp
			
			
	$NC = 0.52413$ $SSIM = 0.9616$	$NC = 0.54786$ $SSIM = 0.98345$	$NC = 0.61744$ $SSIM = 0.97566$
Poisson	Speckle	Gaussian	Salt&Pepper
			
			
$NC = 0.95278$ $SSIM = 0.99866$	$NC = 0.81028$ $SSIM = 0.99314$	$NC = 0.78746$ $SSIM = 0.99177$	$NC = 0.85701$ $SSIM = 0.99551$
	Resize	Translate	Corp
			

استراتيجية فعالة لتضمين العلامة المائية في الصورة الرقمية أثناء عملية ضغطها بصيغة JPEG

			
	$NC = 0.43254$ $SSIM = 0.94825$	$NC = 0.53844$ $SSIM = 0.9828$	$NC = 0.60713$ $SSIM = 0.9746$

Poisson	Speckle	Gaussian	Salt&Pepper
			
			
$NC = 0.95471$ $SSIM = 0.99869$	$NC = 0.82657$ $SSIM = 0.99455$	$NC = 0.79005$ $SSIM = 0.99232$	$NC = 0.85512$ $SSIM = 0.99552$
	Resize	Translate	Corp
			
			
	$NC = 0.51995$ $SSIM = 0.96071$	$NC = 0.55148$ $SSIM = 0.98363$	$NC = 0.61539$ $SSIM = 0.97545$

الشكل (10) الهجمات المطبقة على صورة Baboon و Lena و Pesspper

تدل النتائج المبينة في الشكل (10) على صمود العلامة المائية وبقاؤها مرتبطة بالصورة حتى بعد التعرض للهجمات المختلفة ويرجع ذلك لكون طريقة إدراج العلامة المائية يجعلها معرضة لكل ما تتعرض له الصورة الاصلية لكن مع ذلك يمكن استعادتها بدقة جيدة بالرغم من كل ما يجري عليها من تغيرات وتشوهات.

نجحت الطريقة المقترحة في إدراج العلامة المائية ضمن خوارزمية ضغط JPEG في المكون C_7 بالتحديد كون العين البشرية أقل حساسية تجاه هذا المكون مقارنة بالمكونين

الأخرين نقوم بتقييم النتائج التي حصلنا عليها بالاعتماد معياري عدم الإدراك والمتانة كونهما أهم متطلبات خوارزمية العلامة المائية الرقمية، الشكل (10).

من خلال تطبيق الطريقة المقترحة هنا على ثلاث صور قياسية استطعنا الحصول على نسخ مضغوطة بصيغة JPEG من هذه الصور ومتضمنة علامة مائية حيث كانت دقة الصورة الناتجة في كل مرة جيدة من دون أن تسبب فرق يذكر ولا يمكن للعين البشرية ملاحظته بتاتاً. تبين النتائج السابقة أنه لا يمكن للعين البشرية ملاحظة وجود أثر للعلامة المائية في الصورة مما يؤكد متانة الاستراتيجية المقترحة في تحقيق عدم الإدراك.

مقارنة مع بعض طرق المجال الحيزي والتردي:

نقارن هنا أداء الطريقة المقترحة في هذا البحث مع عدة طرق معروفة في مجال العلامة المائية وقمنا هنا باختيار طرق تعتمد على العمل في المجال الحيزي LSB وطرق تعتمد على العمل في المجال الترددي FFT و DWT. ونقارن الأداء لهذه الطرق عند عدة أنواع من الهجمات ومن أجل المقارنة الصحيحة يتم تطبيق الطرق المذكورة على نفس الصور التي تم اختبارها سابقاً. تبين الجداول التالية نتائج المقارنة بين أداء الخوارزمية المقترحة والخوارزميات المذكورة وذلك من أجل معياري NC,SSIM وذلك عند عدة أنواع من الهجمات كما هو موضح أدناه.

الجدول(2):جدول يوضح قيم NC لعدة صور تحت أنواع مختلفة من الهجمات

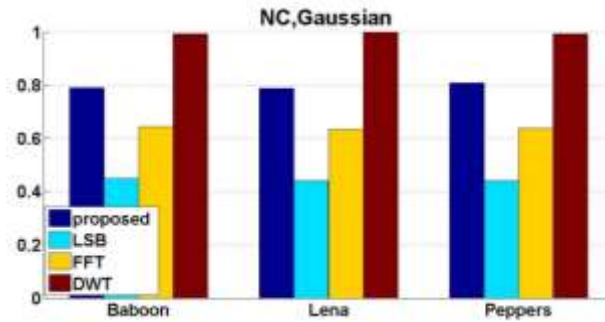
	NC	Baboon	Lena	Peppers
Gaussian	Proposed Strategy	0.8085	0.7874	0.7900
	LSB	0.4419	0.4410	0.4494
	FFT	0.6374	0.6338	0.6443
	DWT	0.9925	0.9990	0.9938
salt & pepper	Proposed Strategy	0.8517	0.8570	0.8551
	LSB	0.4550	0.4445	0.4628
	FFT	0.8043	0.8007	0.7915
	DWT	0.8061	0.7965	0.7820

Crop	Proposed Strategy	0.6137	0.6098	0.6119
	LSB	0.4125	0.4163	0.4421
	FFT	nan	Nan	Nan
	DWT	0.5766	0.5949	0.6014

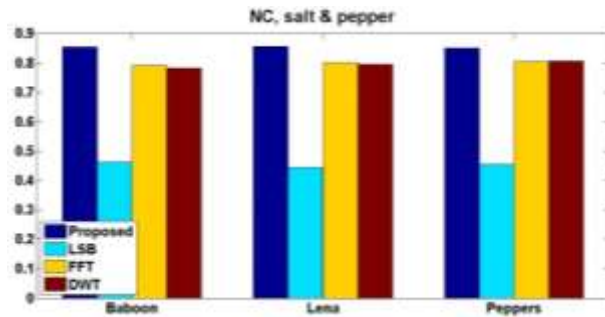
الجدول (3): جدول يوضح قيم SSIM لعدة صور تحت أنواع مختلفة من الهجمات

	SSIM	Baboon	Lena	Peppers
Gaussian	Proposed Strategy	0.9929	0.9917	0.9923
	LSB	0.6791	0.4170	0.4154
	FFT	0.6974	0.7108	0.6116
	DCT	0.7063	0.6919	0.7115
salt & pepper	Proposed Strategy	0.9952	0.9955	0.99552
	LSB	0.6427	0.5988	0.6058
	FFT	0.7365	0.7910	0.8191
	DCT	0.8425	0.7895	0.7927
Crop	Proposed Strategy	0.9837	0.9834	0.9839
	LSB	0.1405	0.3723	0.3530
	FFT	0.1435	0.3851	Nan
	DCT	0.1434	0.3842	0.3608

تبين الأشكال من (16) حتى (21) المخططات التي تلخص نتائج الجداول السابقة وتقرن بين الطرق المذكورة والطريقة المقترحة، إذ نلاحظ من الشكل (16) أن طريقة DWT هي الطريقة ذات الأداء الأفضل وفقاً لمعيار NC عند تعرض الصورة التي تحمل العلامة المائية لهجوم الضجيج الغاوسي. ومن ثم تأتي بعدها الطريقة المقترحة ومن ثم بقية الطرق.

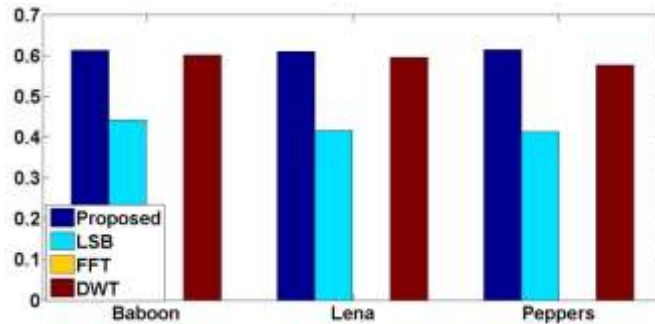


الشكل(11): مقارنة نسبة NC للطريقة المقترحة مع عدة طرق شائعة عند هجوم Gaussian



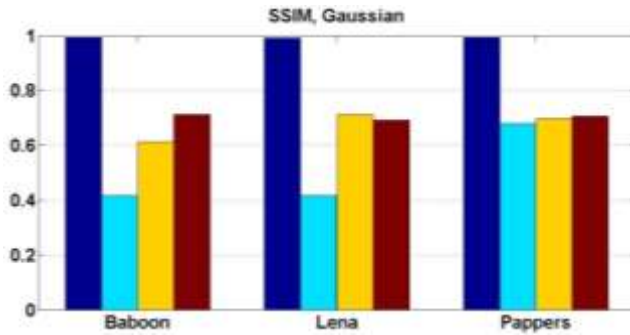
الشكل(12): مقارنة نسبة NC للطريقة المقترحة مع عدة طرق شائعة عند هجوم Salt&Peppers

من أجل نفس المعيار NC ولكن عند تطبيق ضجيج الملح والفلفل Salt&Peppers نلاحظ من الشكل (17) أن الطريقة المقترحة تفوقت من حيث الأداء في تحقيق نسبة NC أفضل من بقية الطرق.

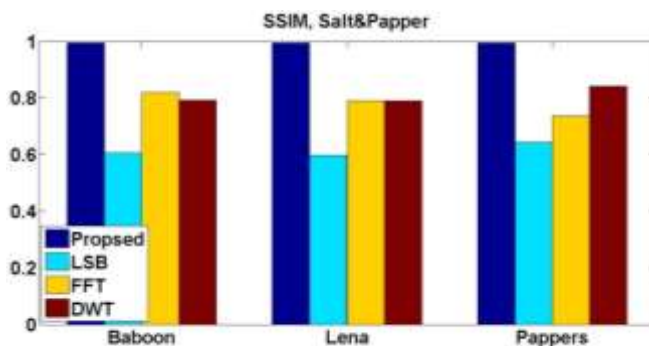


الشكل (13): مقارنة نسبة NC للطريقة المقترحة مع عدة طرق شائعة عند هجوم Corp

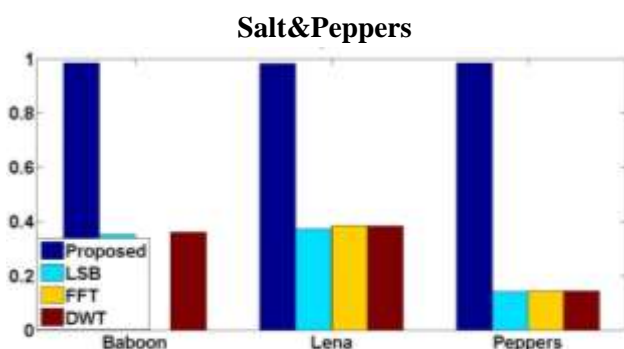
في الشكل (18) نلاحظ تفوق الطريقة المقترحة على بقية الطرق في الأداء، كما نلاحظ أنه في حالة هجوم التدوير للصورة تفشل طريقة FFT تماماً في استخراج العلامة المائية وذلك يرجع لضعف هذه الطريقة في الصمود أمام الهجمات الهندسية التي تتم على الصورة. تبين الاشكال (19)،(20)،(21) تفوق الطريقة المقترحة من أجل معيار SSIM عند مختلف أنواع الهجمات وذلك في كل الصور التي أجري عليها الاختبار. أي يمكن أن نقول أن الطريقة المقترحة كانت ذات أداء أفضل في أغلب الحالات وتحت مختلف أنواع الاختبارات ما عدا التفوق الذي حققته طريقة DWT في الحصول على معيار NC أعلى عند هجوم الضجيج الغاوسي وهذا الأمر متوقع كون طريقة DWT معروف عنها مناعتها العالية تجاه هذا النوع من الهجمات.



الشكل(14): مقارنة نسبة SSIM للطريقة المقترحة مع عدة طرق شائعة عند هجوم Gaussian



الشكل(15): مقارنة نسبة SSIM للطريقة المقترحة مع عدة طرق شائعة عند هجوم



الشكل(16): مقارنة نسبة SSIM للطريقة المقترحة مع عدة طرق شائعة عند هجوم Crop

خاتمة

اقترح هذا البحث استراتيجية فعالة لتضمين العلامة المائية في الصورة الرقمية المضغوطة بصيغة JPEG. عملت الطريقة المقترحة على جعل إدراج العلامة المائية جزء من خوارزمية JPEG إذ يتم تطبيق الطريقة المقترحة لإدراج العلامة المائية على المكون Cr الأقل حساسية للعين البشرية بالاعتماد على طريقة DCT. أجرينا الاختبارات على مجموعة من الصور المعيارية وطبقنا أنواع مختلفة من الهجمات الشائعة الحدوث على الصورة الرقمية. كما قمنا بتقييم النتائج بالاعتماد على معياري المتانة بواسطة الارتباط الطبيعي NC وعدم الإدراك بواسطة التشابه البنيوي SSIM. أثبتت النتائج تفوق

الطريقة المقترحة على بقية الطرق في أغلب الظروف وذلك يرجع إلى أن الطريقة المقترحة تقوم بإدراج العلامة المائية خلال مراحل ضغط الصورة ويكون إدراج العلامة المائية جزء لا ينفصل عن نظام الضغط JPEG، وهذا الأمر لا يتوفر في الطرق الأخرى. بالاعتماد على النتائج السابقة يمكن أن نقول في الحالة العامة أن الطريقة المقترحة فعالة وقادرة على الصمود في أغلب الظروف والشروط التي تمت دراستها.

المراجع العلمية

- [1] Ahmadi .S , Zhang .G, Rabbani. M, Boukela .L, . Jelodar .H, 2021- An intelligent and blind dual color image watermarking for authentication and copyright protection, **Applied Intelligence** , pp. 1701—1732
- [2] Singh .A, Kumar .C, 2020, Encryption-then-compression-based copyright protection scheme for E-governance, **IT Professional** , pp. 45--52
- [3] Anand A. and Singh A.K., 2020 An improved DWT-SVD domain watermarking for medical information security, **Computer Communications**, 152, pp.72-80.
- [4] Cox. I, Miller . M, Bloom .J, Fridrich. J, Kalker .T, 2007- **Digital Watermarking and Steganography** . Morgan kaufman , 2nd Edition, United States, 593p.
- [5] Kitanovski .V, Taskovski .D, Bogdanova .2005 Watermark generation using image-dependent key for image authentication, **EUROCON 2005-The International Conference on Computer as a Tool** , pp. 947—950 .
- [6] Moosazadeh. M, and Andalib, A., 2016 A new robust color digital image watermarking algorithm in DCT domain using genetic algorithm and coefficients exchange approach. **In 2016 Second International Conference on Web Research (ICWR)** pp.19-24.
- [7] Al-Dwairi M.O, Alqadi Z.A, Abujazar A.A, and Zneit R.A, 2010 Optimized true-color image processing, **World Applied Sciences Journal**, 8(10), pp.1175-1182.
- [8] Naik S.K, and Murthy C.A, 2003 Hue-preserving color image enhancement without gamut problem, **IEEE Transactions on image processing**, 12(12), pp.1591-1598.
- [9] Cuhadar C, Lau G.P.S, and Tsao H.N, 2021 A Computer Vision Sensor for Efficient Object Detection Under Varying Lighting Conditions, **Advanced Intelligent Systems**, p.2100055.

- [10] Verdhan V, 2021, **Introduction to Computer Vision and Deep Learning**. Springer. Apress, Berkeley, CA (pp. 1-39).
- [11] Koju R, and Joshi S.R, 2014, Comparative analysis of color image watermarking technique in RGB, YUV, and YCbCr Color Channels, **Nepal Journal of Science and Technology**, 15(2), pp.133-140.
- [12] Khalili M, 2015, DCT-Arnold chaotic based watermarking using JPEG-YCbCr. **Optik**, 126(23), pp.4367-4371.
- [13] Singh P, and Chadha R.S, 2013, A survey of digital watermarking techniques, applications and attacks. **International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)**, 2(9), pp.165-175.
- [14] Gonzales R.C, and Woods R.E, 2002-**Digital image processing**.
- [15] Van Schyndel R.G, Tirkel A.Z, and Osborne C.F, 1994- A digital watermark, **In Proceedings of 1st international conference on image processing**, Vol. 2, pp. 86-90.
- [16] Akter A, and Ullah M.A, 2014, Digital image watermarking based on DWT-DCT: Evaluate for a new embedding algorithm, **In 2014 International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)**, pp. 1-6.
- [17] Hussein J.A, 2010, Spatial domain watermarking scheme for colored images based on log-average luminance. **arXiv preprint arXiv**, pp.1001.3496.
- [18] Moosazadeh M, and Andalib A, 2016, A new robust color digital image watermarking algorithm in DCT domain using genetic algorithm and coefficients exchange approach, **In 2016 Second International Conference on Web Research**, pp. 19-24.
- [19] Moosazadeh M, and Ekbatanifard G, 2016, Robust image watermarking algorithm using DCT coefficients relation in YCoCg-R color space, **In 2016 Eighth International Conference on Information and Knowledge Technology (IKT)**, pp. 263-267.
- [20] Singh A.K, Kumar B, Singh G, and Mohan A, 2017, Digital Image Watermarking: Concepts and Applications, **In Medical Image Watermarking**, pp. 1-12.

- [21] Siper A, Farley R, and Lombardo C, 2005- **The rise of steganography**, Proceedings of student/faculty research day, CSIS, Pace University.
- [22] Judge J.C, 2001- **Steganography: past, present, future**, SANS white paper, 30.
- [23] Goswami A, **Introduction To Digital Watermarks And Classification Of Attacks**. Graduate Student, Department of Electrical and Computer Engineering, Stony Brook.
- [24] Dorairangaswamy M.A, 2009, **A robust blind image watermarking scheme in spatial domain for copyright protection**, International Journal of Engineering and Technology, 1(3), p.249.
- [25] Ibrahim R, and Kuan T.S, 2010, Steganography imaging system (SIS): hiding secret message inside an image, **In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**, Vol. 1, pp. 20-22.
- [26] Bavkar V, **Digital Watermarking Using Combined DWT And DCT**, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Volume, 2.
- [27] Voloshynovskiy S, Pereira S, Pun T, Eggers J.J, and Su J.K, 2001, **Attacks on digital watermarks: classification, estimation based attacks, and benchmarks**, IEEE communications Magazine, 39(8), pp.118-126.

