



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة

قسم التكنولوجيا

تخصص: هندسة كهربائية

مذكرة تخرج لنيل شهادة أستاذ التعليم الثانوي

إخفاء العلامات المائية في الصور الرقمية الثابتة باستعمال تحويل
جيب التمام المتقطع (DCT-Discrete Cosine Transform)

من إعداد:

ثعباني ريان

يحياوي هديل

تحت إشراف الأستاذة: بلاسكة نوال

لجنة المناقشة

م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة

رئيسا

أستاذ محاضرا

تيفوتوي عصام

م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة

مؤظرا

أستاذ محاضر بـ

بلاسكة نوال

م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة

مناقشا

أستاذ محاضر بـ

مخناش شافية

السنة الجامعية: 2024/2023

شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم

قال الله تعالى في كتابه العزيز: (وما توفيقي الا بالله عليه توكلت و اليه انيب)

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، و بتوفيقه تتحقق الانجازات، اتقدم بجزيل الشكر و الامتنان الى الله سبحانه و تعالى، الذي منحني القوة و الصبر لإنجاز هذا العمل، فلولا توفيقه و فضله ما كانت هذه المذكرة لتري النور.

اود ان اعبر عن عميق امتناني لعائلي الكريمة، التي كانت دائما السند و الداعم الاول لي، بدعواتهم و تشجيعهم المستمر، لقد كان دعمهم هو العماد الذي استندت عليه في كل خطوة من خطواتي العلمية و العملية، فجزاهم الله كل خير.

كما اتوجه بخالص الشكر و التقدير الى الاستاذة المشرفة بلاسكة نوال على توجيهاتها القيمة و نصائحها السديدة التي كان لها الاثر الكبير في انجاز هذه المذكرة..

ولا يفوتني ان اشكر جميع اساتذتي الافاضل الذين قدموا لي العلم و المعرفة، و ساهموا في تكويني العلمي و الاكاديمي، كما اشكر زملائي الذين كانوا عوناً و سندا لي في هذه الرحلة العلمية بتعاونهم و تشجيعهم المستمر.

و اخيرا اتوجه بجزيل الشكر لأعضاء لجنة المناقشة الموقرين على قبولهم مناقشة هذه المذكرة و توجيهاتهم القيمة التي لا شك ستكون موضع اهتمامي و تقديري.

و الحمد لله رب العالمين

إهداء

بكل فخر واعتزاز أهدي هذا العمل

الى من علمني أن الدنيا كفاح و سلاحها العلم و المعرفة الى الذين لم يدخلوا علي بأي شيء، الى من سعوا
وضحوا من أجل راحتي و نجاحي، الى أعز الناس الى قلبي أمي "صليحة بورغدة" و أبي "عادل يجياوي"

دمتم لي بخير و عافية طول العمر وأعاتي على برهما وطاعتها.

الى الأيادي الطاهرة التي أزلت من طريقي أشواك الفشل الى من ساندتني بكل حب عند ضعفي الى اختي
"ندى"، الى من انتظروا هذه اللحظة كثيرا ليفخروا بي كما أفخر بهم الى اخوتي "محمد" و "معتز بالله"،
ادعو الله ان يحفظهم و يحقق لهم كل مبتغى. الى النور الذي اضاء دربي في أحلك أوقاتي، لمن كان دائما
بجانبي و شاركني لحظات الحزن و الفرح، الكنف الذي لطاما كان سنداً لي

الى صديقاتي و عائلتي " بشري، ابتهاج، ريان، شفاء، ايثار، اسيا، اية، أمينة، خديجة، ريان" بفضل

صداقتكم و محبتكم شعرت دائما بأني لست وحدي في هذه الرحلة الصعبة كل كلمة تشجيع كانت مصدر قوة
لي، أحبكم و أتمنى لكم كل الخير.

يجياوي هديل

اهداء

ها هي الايام قد مرت بسرعة حتى نصل الى نهاية مشوارنا الدراسي وها نحن اليوم و الحمد لله نطوي
سهر الليالي و تعب السنين....

الى منارة العلم...الى سيد الخلق امام المرسلين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم :

الى والدي الحبيبين امي و ابي يا من علماني ان الاحلام تصبح حقيقة بالإرادة و العمل الجاد، شكرا لكما
على كل لحظة دعم و تضحية، اتما النور الذي اضاء دربي و السند الذي اعتمدت عليه .

الى اخوتي الاعزاء يا من كنتم لي السند و الرفيق في درب الحياة، يا من شاركني الاحلام و الامال
وكنتم دائما مصدر قوتي و الهامي.

الى خالاتي و خوالي يا من كانت كلمتكم الطيبة و لمستكم الحانية بلسما لروحي، شكرا لانكم كنتم دائما
بجانبي تمدوني بالامل و التشجيع.

الى جدي و جدتي الحبيبين يا من كانت دعواتهم و قلوبهم الطيبة نورا يضيء طريقي و الهتموني بقوة
حبكم و عطفكم.

الى صديقاتي العزيزات يا من شاركني الضحكات و الاحزان ، وكنتن لي الدعم و الملاذ في كل وقت و
حين.

اهديكم هذا النجاح بكل فخر و امتنان ، راجية من الله ان اكون عند حسن ظنكم دائما.

ثعبانبي ريان

ملخص

أدى التقدم التكنولوجي الرقمي وتطور الاتصالات إلى زيادة استخدام وتبادل الصور في مختلف المجالات مثل التجارة الإلكترونية والرعاية الطبية عن بعد، لذلك زادت الحاجة لحماية وتأمين خصوصية هذه الصور من التعديلات، خاصة في المجال الطبي حيث يمكن لأي تعديل أن يؤدي إلى تشخيصات خاطئة، لذا تم تصميم تقنيات لحماية البيانات المرسله مثل التشفير والعلامة المائية. في هذا العمل قمنا بدراسة تقنية العلامة المائية الرقمية للصور و خاصة الصور الطبية. تم تطبيق تقنية اخفاء العلامة المائية الرقمية باستعمال تحويل جيب التمام المتقطع على الصور الطبية من أجل تأمين بيانات المريض والحفاظ على جودة ودقة الصورة، وقد أظهرت نتائج المحاكاة فعالية هذه التقنية ضد مختلف الهجمات.

الكلمات المفتاحية: العلامة المائية، تحويل جيب تمام المتقطع (DCT)، الصور اطلبية.

Résumé

L'avancée de la technologie numérique et le développement des communications ont conduit à une augmentation de l'utilisation et de l'échange d'images dans divers domaines tels que le commerce électronique et la télémédecine. Par conséquent, le besoin de protéger et de sécuriser la confidentialité de ces images contre les modifications a augmenté, en particulier dans le domaine médical où toute altération peut entraîner des diagnostics erronés. Ainsi, des technologies de protection des données envoyées telles que le chiffrement et le tatouage numérique ont été conçues. Dans ce travail, nous étudions la technique du tatouage numérique d'images, en particulier des images médicales. La technique de dissimulation de tatouage numérique a été appliquée en utilisant la transformation discrète en cosinus sur des images médicales afin de sécuriser les données du patient tout en préservant la qualité et la précision de l'image. Les résultats des simulations ont montré l'efficacité de cette technique contre diverses attaques.

Les mots clés : tatouage numérique des image, transformée en cosinus Dscrète, Image médicales.

Summary

The advancement of digital technology and the development of communications have led to an increase in the use and exchange of images in various fields such as e-commerce and telemedicine. Consequently, the need to protect and secure the privacy of these images from modifications has increased, especially in the medical field where any alteration can lead to incorrect diagnoses. Therefore, technologies such as encryption and watermarking have been designed to protect transmitted data. In this work, we study the technique of digital watermarking of images, particularly medical images. The digital watermarking technique was applied using the discrete cosine transform on medical images to secure patient data while maintaining image quality and accuracy. The simulation results demonstrated the effectiveness of this technique against various attacks.

Key words : Image watermarking, discrete Cosine transform, Medical images.

الفهرس

I.....	شكر وتقدير
II.....	إهداء
III.....	إهداء
IV.....	ملخص
IV.....	RESUME
V.....	SUMMARY
X.....	قائمة الأشكال
XI.....	قائمة الجداول
XII.....	جدول الاختصارات
1.....	مقدمة عامة

الفصل الأول: مقدمة حول العلامة المائية للصور

2.....	1.1 المقدمة
2.....	2.1 تاريخ موجز للعلامة المائية
3.....	3.1 ميزات نظام العلامة المائية
4.....	4.1 المكونات الرئيسية لنظام العلامة الرقمية
4.....	1.4.1 انشاء العلامة المائية
4.....	2.4.1 ادماج العلامة المائية
4.....	3.4.1 استخراج العلامة المائية
6.....	5.1 تصنيف أنظمة العلامة المائية
6.....	1.5.1 نوع المستند
7.....	2.5.1 مجال الادراج
7.....	3.5.1 عدم المرئية
8.....	4.5.1 تقنيات الإدراج
8.....	5.5.1 تقنيات الاستخراج
8.....	6.5.1 قابلية الاسترجاع

8	6.1 تقنيات ادراج العلامة المائية في الصور.....
8	1.6.1 التقنيات في المجال المكاني.....
9	1.1.6.1 طريقة البيت الاقل أهمية LSB.....
9	2.1.6.1 طريقة نموذج الثنائي المحلي LBP.....
9	3.1.6.1 طريقة تعديل المدرج التكراري.....
9	2.6.1 تقنيات في مجال التحويلات.....
10	1.2.6.1 تحويل فوربيه المتقطعة DFT.....
11	2.2.6.1 تحويل جيب التمام المتقطع DCT.....
12	3.2.6.1 تحويل التموج المتقطع DWT.....
13	4.2.6.1 تحليل القيم المفردة SVD.....
14	7.1 الهجمات المطبقة على أنظمة العلامات المائية الرقمية.....
14	1.7.1 هجمات الحذف.....
14	1.1.7.1 ضغط JPEG.....
14	2.1.7.1 الترشيح المتوسط.....
15	3.1.7.1 الضجيج.....
15	4.1.7.1 الوضوح.....
15	2.7.1 الهجمات الهندسية.....
15	1.2.7.1 الدوران.....
16	2.2.7.1 الازاحة.....
16	3.2.7.1 تغيير الحجم.....
16	4.2.7.1 التقصيص.....
16	3.7.1 هجمات التشفير.....
17	8.1 مقاييس تقييم أداء خوارزميات العلامة المائية للصور.....
17	1.8.1 مؤشر عدم المرئية.....
17	1.8.1.1 مؤشر الذروة بين الاشارة والضجيج.....
18	2.1.8.1 مؤشر التشابه الهيكلي.....
19	2.8.1 قياس المتانة.....
19	1.2.8.1 معدل الارتباط المتبادل.....
19	2.2.8.1 نسبة اخطاء البت.....
20	3.8.1 قياس نسبة الادراج.....
20	9.1 خاتمة.....

الفصل الثاني: عموميات على الصور الرقمية و الصور الطبية

1.2	مقدمة	21
2.2	معالجة الصور الرقمية	22
1.2.2	مراحل نظام معالجة الصور الرقمية الطبية	22
2.2.2	المعالجة المبدئية	23
3.2.2	كشف حواف الصورة	23
4.2.2	ترشيح الصور الرقمية	23
1.4.2.2	مرشحات التميرير العالي	24
2.4.2.2	مرشحات التميرير المنخفض	24
5.2.2	تنعيم الصورة	24
6.2.2	التحسين بالألوان	24
7.2.2	تحسين الاضاءة في الصور	25
3.2	انواع الصور الطبية	25
1.3.2	التصوير الاشعاعي (X-RAY)	26
2.3.2	التصوير بالموجات فوق الصوتية (US)	27
3.3.2	التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)	27
4.3.2	تصوير الماسح الضوئي (SCAN)	28
4.2	الانماط الشائعة لملفات الصور الطبية	28
5.2	تشكيل الصورة الرقمية حاسوبيا	30
6.2	الخاتمة	32

الفصل الثالث: تطبيق DCT لإخفاء العلامة المائية في الصور الطبية

1.3	مقدمة	33
2.3	تحويل جيب التمام المتقطع (DCT)	33
3.3	مبدأ عمل خوارزمية ادراج العلامة المائية	34
4.3	الخاتمة	37

الفصل الرابع: المكافحة و النتائج

38	1.4 مقدمة
41	2.4 تحليل الاداء حسب معامل الادراج
42	3.4 تحليل عدم المرئية
42	4.4 تحليل المتانة
43	1.4.4 تحليل المتانة ضد هجمات JPEG
45	2.4.4 تحليل المتانة ضد هجمات الضجيج
48	3.4.4 تحليل المتانة ضد هجمات التقصيص
50	4.4.4 تحليل المتانة ضد هجوم تعديل المدرج التكراري
51	6.4.4 خاتمة
52	الخاتمة العامة
53	المراجع

قائمة الأشكال

- شكل 1.1: مثلث التوفيق بين الخصائص الأساسية الثلاثة: المتانة، السعة وعدم المرئية. 3
- الشكل 2.1: الخطوات الرئيسية لمخططات العلامة المائية 5
- الشكل 3.1: مخطط تصنيف أنظمة العلامة المائية 6
- الشكل 4.1: تحليل الموجات للصورة ($k = 3$) 13
- الشكل 1.2: مختلف أنواع الصور الطبية المستعملة 26
- الشكل 2.2: جهاز التصوير الشعاعي 26
- الشكل 3.2: جهاز التصوير بالموجات فوق الصوتية 27
- الشكل 4.2: جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي 27
- الشكل 5.2: DICOM 28
- الشكل 6.2: JPEG 28
- الشكل 7.2: PNG 29
- الشكل 8.2: TIFF 29
- الشكل 9.2: صورة توضيحية للبيكسل 30
- الشكل 1.3: الترددات في DCT ثنائي الأبعاد 33
- الشكل 2.3: مصفوفة DCT بحجم 8×8 ذات معامل 64 34
- الشكل 3.3: مخطط الخوارزمية المستخدمة لإدراج البيانات 36
- الشكل 1.4: مختلف أنواع الصور الطبية المستعملة 38
- الشكل 2.4: Code QR 39
- الشكل 3.4: ملف التقرير الطبي EPR 40
- الشكل 4.4: الصور الطبية ذات العلامة المائية ($K=20$) 42
- الشكل 5.4: علامة مائية لصورة فوق الامواج الصوتية (US) ذو معامل جودة $K=70$ 43
- الشكل 6.4: الصور الطبية ذات العلامة المائية بضجيج (الملح و الفلفل) مع $v=0.001$ 45
- الشكل 7.4: تباين BER بناء على سعة الضجيج (salt & paper) 46
- الشكل 8.4: تباين NCC بناء على سعة الضجيج (salt & paper) 46
- الشكل 9.4: صورة طبية ذات علامة مائية بضجيج (bruit gaussien) مع $v=0.001$ و $m=0$ 47
- الشكل 10.4: تباين BER حسب سعة الضجيج (bruit gaussien) 47
- الشكل 11.4: تباين CNN حسب سعة الضجيج (bruit gaussien) 48

قائمة الجداول

- الجدول 1.2: مصفوفة ثنائية الابعاد تمثل الصورة الثنائية 31
- الجدول 2.2: مصفوفة توضح تركيب الصورة الرمادية 31
- الجدول 3.2: صورة ملونة على شكل مصفوفة ثلاثية 32
- جدول 1.4: النتائج المتحصل عليها لمعاملات BER، NCC و SSIM، PSNR بدلالة تغير معامل الادراج
K 41
- الجدول 2.4: تباين معدل الخطأ BER بناء على عامل جودة الضغط 44
- الجدول 3.4: تباين NCC بناء على عامل الضغط 44
- الجدول 4.4 : BER، NCC لهجوم التفصيص 49
- الجدول 5.4: BER وNCC لهجوم تعديل المدرج التكراري 50

جدول الاختصارات

الاختصار	أصل الاختصار بالإنجليزي	أصل الاختصار بالعربي
LSB	Least Significant Bit	البيت الأقل أهمية
LBP	Local Binary pattern	النموذج الثنائي المحلي
DFT	Discrete Fourier Transform	تحويلة فورييه المتقطعة
DCT	Discrete Cosine Transform	تحويلة جيب التمام المتقطعة
DWT	Discrete Wavelet Transform	تحويلة التموج المتقطعة
SVD	Singular Value Decomposition	تحليل القيم المنفردة
PSNR	Peak Signal to Noise Ratio	مؤشر الذروة
SSIM	Structural similarity Index Measure	مؤشر التشابه الهيكلي
NCC	Normalized Cross Correlation	معدل الارتباط التبادلي
BER	Bit Error Rate	معدل خطأ البت
ER	Embedding Rate	معدل الإدراج
MSE	Mean Squared Error	الخطأ المتوسط التربيعي
Bpp	Bits Per Pixel	بت لكل بيكسل
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine	التصوير الرقمي والاتصالات في الطب
JPEG	Joint Photographic Experts Group	مجموعة خبراء الصور المشتركة
PNG	Portable Network Graphics	رسومات الشبكة المحمولة
TIFF	Tagged Image File Format	تنسيق ملف الصور
Code QR	Quick Response Code	رمز الرد السريع

مقدمة عامة

في مجتمعنا الحديث الذي يعتمد بشكل متزايد على التكنولوجيا في مختلف جوانب الحياة، أصبحت الصور الطبية لها دور لا غنى عنه في تقديم الرعاية الصحية واتخاذ القرارات الطبية الحاسمة. ولكن مع زيادة استخدام هذه الصور يتزايد ايضا القلق بشأن سلامة وامن البيانات الطبية.

هنا يأتي دور العلامة المائية، والتي تعتبر وسيلة فعالة لحماية المعلومات الطبية وتحديد مصدر الصورة، و تضاف العلامة المائية عادة الى الصور الطبية للتأكد من مصداقيتها ومنع الاستخدام غير المصرح به، ومع ذلك في بعض الحالات قد يتعين اخفاء هذه العلامات لأسباب خصوصية او تشخيصية، ولإخفاء هذه العلامة نستعمل تقنيات معقدة مثل التشفير والمعالجة الرقمية للصور، وذلك للحفاظ على جودة الصور ودقة التشخيص.

وفي هذا العمل الذي يدرس اخفاء العلامات المائية في الصور الرقمية الثابتة باستعمال جيب التمام المتقطع DCT ، بحيث قمنا بتقسيمه الى اربعة فصول ولكل فصل محتوى خاص به:

- الفصل الاول يصف المبدأ العام للعلامة المائية الرقمية، بالإضافة الى مجالات ادراجها، كما يتناول تطبيقات وتصنيفات العلامة المائية.
 - الفصل الثاني عبارة عن مقدمة حول كيفية ادراج العلامة المائية الرقمية في الصور الطبية، كما تطرقنا فيه الى مختلف انواعها (صورة الأشعة السينية (XRAY)، صورة الرنين المغناطيسي (IRM)، صورة الامواج فوق الصوتية (US)، وصورة الماسح الضوئي (SCAN))، بالإضافة الى خصائصها.
 - في الفصل الثالث وصفنا خوارزمية ادراج العلامة المائية الرقمية على الصور الطبية بناء على تحويل جيب التمام المتقطع (DCT).
 - الفصل الرابع يقدم دراسة محاكاة لاختبار خوارزمية العلامة المائية الرقمية ضد الهجمات المختلفة.
- وأخيراً ستلخص الخاتمة العامة النتائج الرئيسية لهذا العمل.

المفصل الأول

مقدمة حول العلامة المائية للصور

1.1 المقدمة

أصبح استخدام الوسائط الرقمية (صور، فيديو، صوت) مهم جدا في العديد من المجالات مثل التصوير الطبي وغيرها، لكن نقل هذه البيانات جعلها عرضة للتعديل والتزوير، مما استدعى الحاجة الى تطوير تقنيات لتأمين سرية وخصوصية البيانات المرسله، لذا تم تصميم ثلاث تقنيات لحماية بيانات الوسائط وهي التشفير واخفاء المعلومات والعلامة المائية. في هذا الفصل نحن بصدد دراسة تقنية العلامة المائية وهي رسالة مخفية يتم نقلها في مجموعة من البيانات قد تكون (تجارية، طبية).

بعد لمحة تاريخية، سنبدأ بوصف متطلبات نظام العلامة المائية، ثم سنقدم مراحل تصميمها، وبعدها سنشرح تصنيفاتها وتقنياتها، ثم سنذكر الهجمات المختلفة المطبقة عليها، وأخيرا سنذكر قياسات أداء أنظمة العلامة المائية.

2.1 تاريخ موجز للعلامة المائية

تاريخ العلامة المائية على الورق يعود لحوالي 700 عام حيث عثر على أقدم وثيقة ذات علامة مائية في الارشيف عام 1292 في ايطاليا، وهذه الاخيرة لعبت دورا هاما في تطوير صناعة الورق، حيث وجد حوالي 40 مصنعا للورق وتم استعمال العلامة المائية لتحديد جودته ومصدره، تطورت هذه التقنية في العقود الأخيرة الى ما يسمى ب "العلامة المائية في الصور الرقمية".

- في 1990 كانت بداية البحث حول العلامة المائية في الصور، حيث نشرت أولى المقالات هذا الموضوع مثل المقالات التي كتبها Tanaka وآخرون [1].
- في 1993 نشر Tirekel وآخرون مقالات تتعلق بالعلامة المائية للصور الرقمية [2].
- في 1995 بداية زخم البحث حول العلامة المائية للصور الرقمية حيث بدأ الاهتمام يزداد وتطورت الأنشطة البحثية في هذا المجال.

تظهر هذه التواريخ تطورا تدريجيا في مجال العلامة المائية للصور الرقمية، حيث أصبحت هذه التقنية في وقتنا الحالي ذات اهمية كبيرة في مجال حماية المحتوى الرقمي.

3.1 ميزات نظام العلامة المائية

هذه المتطلبات تشمل الأمان (Security)، الموثوقية (Reliability)، عدم المرئية (Imperceptibility)، المتانة (Robustness)، وحمولة البيانات (Data Payload)، التعقيد الحسابي (Computational complexity)، وقابلية العكس (Reversibility) [3].

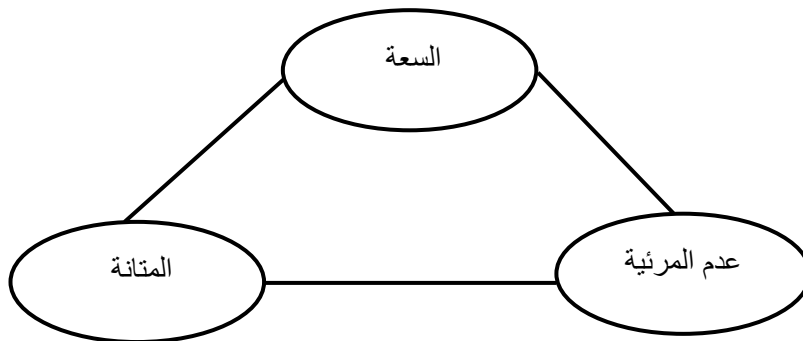
يعني الأمان ان خوارزمية اضافة العلامة المائية لديها القدرة على الصمود للهجمات المتعمدة مثل الحذف و الاضافة غير المسموح بهما، حيث يجب ان تضمن منهجية اضافة العلامة المائية أن المستخدم المصرح به فقط من يستطيع استخراج أو حذف العلامة المائية المدرجة.

الموثوقية تشمل المصادقية والنزاهة، حيث ان المصادقية هي القدرة على اثبات أصل البيانات ومرفقاتها لمستخدم معين. بينما تمثل النزاهة القدرة على اثبات ان البيانات لم يتم تغييرها أو تعديلها بشكل ضار أو عن طريق الخطأ من قبل مستخدم غير مصرح به.

ويعد عدم المرئية أحد أكثر المتطلبات المرغوبة في العلامة المائية، حيث يجب أن تكون غير مرئية قدر الامكان للعين، معدل عدم المرئية يعبر عنه بحساب التشابه بين البيانات الأصلية وبيانات الصورة ذات العلامة المائية.

تعني المتانة قدرة العلامة المائية الرقمية على اخراج ملف العلامة المتكاملة بعد عملية معالجة الاشارات المشتركة. كل تطبيقات العلامة المائية الرقمية لا تحتاج الى مقاومة جميع هجمات معالجة الاشارة.

تظهر العلاقة بين الخصائص الاساسية لنظام العلامة المائية في الشكل 1.1 بوضوح ويمكن تحقيق قدرة عالية من خلال التضحية بالمتانة، او عدم المرئية او كليهما وبالتالي يمكن ايجاد حل وسط مناسب اعتمادا على التطبيق [3].



شكل 1.1: مثلث التوفيق بين الخصائص الاساسية الثلاثة: المتانة، السعة وعدم المرئية.

4.1 المكونات الرئيسية لنظام العلامة الرقمية

يتكون نظام العلامة المائية الرقمية من ثلاث خطوات وهي انشاء العلامة المائية ثم ادماجها وأخيرا استخراجها [3]. حيث أن الشكل 1.2 (أ) يظهر مرحلة اشاء العلامة المائية، والشكلين 1.2 (ب) و 1.2 (ج) يظهران على التوالي عملية ادماج واستخراج العلامة المائية.

1.4.1 انشاء العلامة المائية

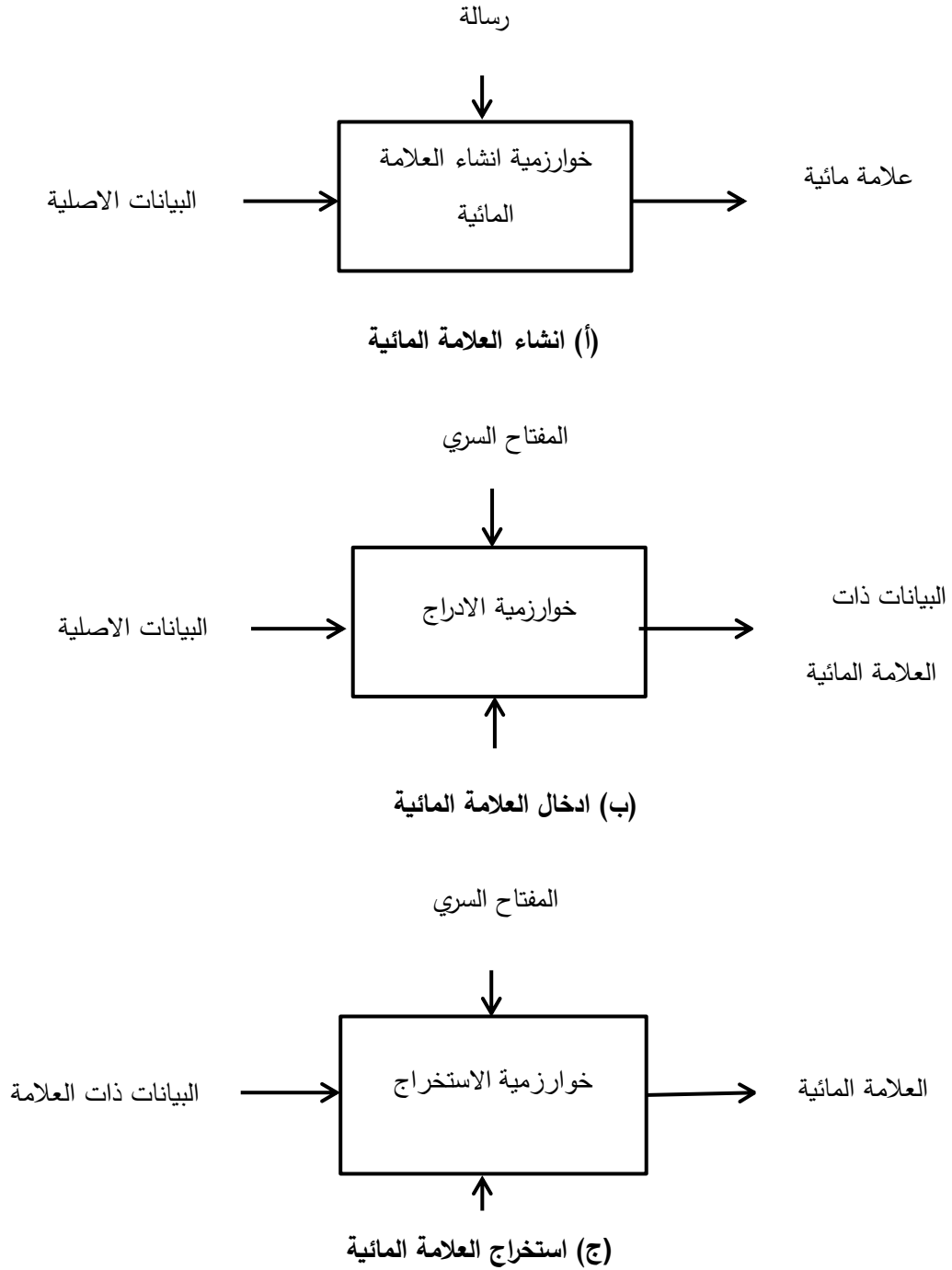
في هذه الخطوة يتم انشاء علامة مائية وتكييفها وفقا للتطبيقات المطلوبة، يمكن ان تكون العلامة المائية نصا او شعارا (صورة) او رمزا ثنائيا. على سبيل المثال في الشكل (أ) للتطبيق الطبي، قد تتطلب العلامة المائية دمج معلومات المريض او خصائص معينة للبيانات [3].

2.4.1 ادماج العلامة المائية

تنفذ خطوة ادماج العلامة المائية من جانب المرسل في هذه المرحلة تضاف العلامة المائية الى البيانات الاصلية (الصورة، الصوت والفيديو) عن طريق تطبيق الخوارزمية واستخدام مفتاح سري من اجل انشاء البيانات ذات العلامة المائية [3].

3.4.1 استخراج العلامة المائية

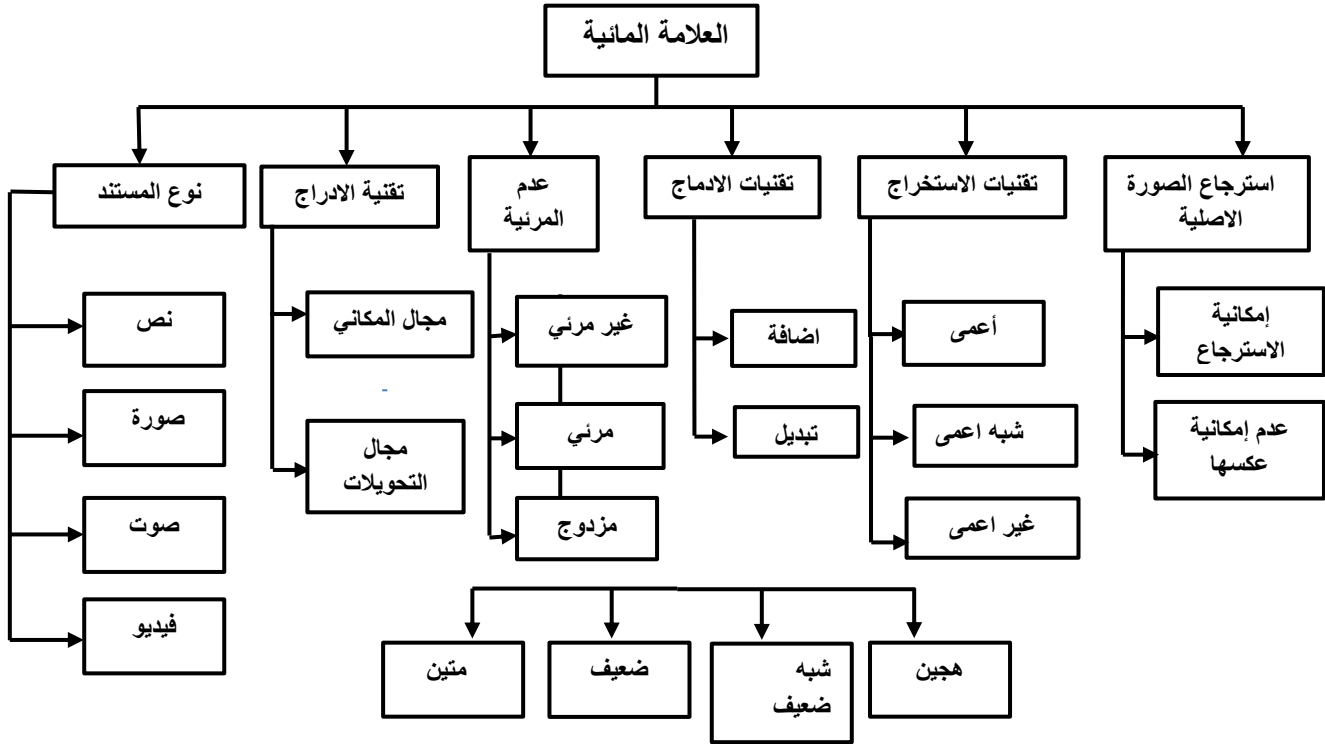
تتم خطوة استخراج العلامة المائية على جانب جهاز الاستقبال. في هذه المرحلة يتم تطبيق التنفيذ العكسي لخوارزمية ادماج العلامة المائية وتستخدم في هذه الخوارزمية المفتاح السري او البيانات الاصلية لاكتشاف العلامة المائية المضمنة [3].



الشكل 2.1: الخطوات الرئيسية لمخططات العلامة المائية

5.1 تصنيف أنظمة العلامة المائية

تصنيف أنظمة العلامة المائية يعتمد على عدة معلومات منها نوع المستند ومجال الادراج والرؤية و امكانية الاسترجاع [4] كما هو موضح في الشكل 3.1.



الشكل 3.1: مخطط تصنيف أنظمة العلامة المائية

1.5.1 نوع المستند

أنواع العلامات المائية تختلف حسب نوع المستند، في حالة العلامة المائية في النص تكون الفراغات بعد علامات الترقيم وبين الاسطر وفي نهاية الجمل مهمة لتحديد الاماكن المناسبة لإدماج العلامة المائية. أما العلامة المائية في الصوت والصورة والفيديو يمكن ادماج العلامة المائية في معاملات التردد المتوسطة في المجال الترددي، او مباشرة في أقل البتات الدالة من البيانات المكانية، ببساطة يتم استخدام العلامة المائية لإضافة معلومات مخفية داخل الوثائق والوسائط الرقمية بناء على نوع المستند.

2.5.1 مجال الادراج

بناء على مكان ادراج العلامة المائية يمكن تصنيفها الى مجالين رئيسيين:

- الادراج المكاني: حيث تضاف العلامة المائية مباشرة في البيانات الاصلية مثل الصورة نفسها [5].
- الادراج في التحويلات: إضافة العلامة المائية في مجال التحويلات للبيانات مثل تحويلة فورييه [5].

3.5.1 عدم المرئية

يمكن تصنيف تقنية العلامة المائية للصور الرقمية الى ثلاث أنواع:

- العلامة المائية الواضحة: هي التي يمكن رؤيتها بوضوح وعادة ما يتم وضعها في الصور والفيديوهات لحماية المحتوى و التحقق من الملكية [6].
- العلامة المائية غير الواضحة: هذا النوع يتم إخفاؤه بحيث لا يمكن رؤيته بالعين المجردة ولكن يمكن إزالته باستخدام خوارزمية معينة يستخدم عادة لأغراض التحقق والامان في الملفات الرقمية [6].
- العلامة المائية المزدوجة: يتم استخدامها عندما يتم دمج علامتين مائيتين معا الأولى واضحة والأخرى غير واضحة، العلامة المائية غير الواضحة تعتبر عادة نسخة احتياطية للعلامة المائية الواضحة [6].

يمكن تصنيف أنماط العلامة المائية غير الواضحة استنادا على مدى تحملها للتعديلات، و هناك اربع فئات وهي التقنيات المتينة والضعيفة، شبه الضعيفة والهجينة [4].

- العلامة المائية المتينة: تستعمل لمقاومة مجموعة متنوعة من الهجمات وعادة ما تستخدم لحماية حقوق النسخ والتعريف الرقمي [7].
- العلامة المائية الضعيفة: هذا النوع غير قادر على تحمل أقل التعديلات وعادة ما يتم استخدامه للتحقق من الهوية.
- العلامة المائية شبه الضعيفة: هذا النوع متوسط التحمل يمكنه مقاومة التعديلات المصرح بها و لكن يكون ضعيفا أمام التعديلات الغير مصرح بها ويستخدم للتحقق من الهوية والامان [8].
- العلامة المائية المزدوجة (الهجينة): يجمع بين العلامة المائية الضعيفة و المتينة لضمان الأمان والنزاهة وحماية الملكية في نفس الوقت يستخدم عادة لحماية حقوق المؤلف [4].

4.5.1 تقنيات الإدراج

هناك تقنيتين لإدراج العلامة المائية في المستندات هما: العلامة المائية البديلة في هذه التقنية العلامة المائية المراد ادراجها يتم استبدالها بمكونات المستند الاصلي، والعلامة المائية الإضافية هي اضافة العلامة المائية دون تغيير المستند الاصلي [9].

5.5.1 تقنيات الاستخراج

يمكن تصنيف تقنيات الاستخراج العلامات المائية الى ثلاث فئات:

- **الاعمى:** يتطلب مفتاحا قويا فقط لاستخراج العلامة المائية من البيانات المشفرة [10].
- **شبه الاعمى:** يتطلب العلامة المائية الاصلية و المفتاح لاستخراج العلامة المائية المضافة [10].
- **غير الاعمى:** يجب توفير البيانات الاصلية و المفتاح لاستخراج العلامة المضافة [10].

6.5.1 قابلية الاسترجاع

قابلية الاسترجاع هي خاصية في تقنيات العلامة المائية تسمح بإجراء تغييرات على البيانات والصور ومن ثم استعادة النسخة الاصلية منها بدقة دون فقدان التفاصيل هذه الخاصية مهمة في مجالات مثل التطبيقات الطبية والعسكرية والشرطة [11].

6.1 تقنيات ادراج العلامة المائية في الصور

تقنيات ادراج العلامة المائية الحالية يمكن تقسيمها الى مجموعتين: تقنيات في مجال الفضاء (ثلاثي الابعاد) والتقنيات التي تعتمد على التحويلات والتعديلات على الصور.

1.6.1 التقنيات في المجال المكاني

في هذه الطرق يتم إدراج العلامة المائية في الصورة عن طريق التعديل المباشر لقيم البيكسل في صورة الأصلية. هذه الخوارزميات بسيطة وسريعة وتوفر قدرة إدراج عالية، بالإضافة إلى ذلك يمكن إدراج علامة مائية صغيرة عدة مرات، هذه الميزة توفر متانة إضافية ضد أي هجوم لأن إمكانية إزالة جميع العلامات المائية منخفضة للغاية.

يمكن أن يكون لتقنيات المجال المكاني (Spatial Domain) بعض المزايا، لكن عيبها الرئيسي هو أنها لا تستطيع تحمل العديد من العمليات مثل إضافة الضوضاء وطرق الضغط مع الضياع (lossy compression)، علاوة على ذلك عند اكتشاف خوارزمية العلامة المائية المستخدمة يمكن بسهولة تعديل العلامة المائية المخفية بواسطة مستخدم غير مصرح به [12].

1.1.6.1 طريقة البيت الاقل أهمية LSB

تعد LSB (Least Significant Bit) واحدة من أبسط وأقدم تقنيات المجال المكاني يمكن تطبيقها على اي نوع من انواع العلامة المائية، في هذه الطريقة يتم استبدال أقل بيت أهمية في الصورة الاصلية بالعلامة المائية [13].

2.1.6.1 طريقة نموذج الثنائي المحلي LBP

يتم تجزئة الصورة الاصلية الى مربعات غير متداخلة بعدها يحسب الفرق بين قيم البيكسلات المجاورة للبيكسل المركزي في كل مربع، هذه القيم تستخدم لإدراج معلومات العلامة المائية [14]، تعتبر طرق LBP (Local Binary pattern) قوية ضد تغييرات الاضاءة والتباين، ولكنها حساسة لعمليات اخرى مثل عدم الوضوح والترشيح، بمعنى اخر هذه الطريقة مناسبة لتطبيقات العلامة المائية شبه الضعيفة [4].

3.1.6.1 طريقة تعديل المدرج التكراري

تقنية العلامة المائية التي تعتمد على تعديل المدرج التكراري وتعتمد على خصائص الصورة الاصلية لإخفاء العلامة المائية، في هذه الطريقة يتم اخفاء العلامة المائية عن طريق تغيير مواقع الذروة والصفير (او قيمة دنيا اذا لم يكن هناك صفير) في المدرج التكراري. يتيح هذا التعديل استخدام خصائص الصورة بشكل فعال في العلامة المائية. رغم ان هذه الطريقة يمكن تنفيذها بسهولة الا ان سعة العلامة المائية محدودة بعدد نقاط القمة التي يمكن ان تظهر في الصورة [15].

2.6.1 تقنيات في مجال التحويلات

في مجال التحويلات يتم تطبيق تحويلات على الصورة قبل ادراج العلامة المائية لزيادة قوة مقاومتها ضد هجمات مختلفة. هذه التقنيات تنتج معاملات تحويل يمكن الحصول على الصورة ذات العلامة المائية عن طريق تعديل هذه المعاملات [16] اشهر تقنيات التحويل المستخدمة في ادراج العلامة المائية هي:

تحويل جيب التمام المتقطع DCT، وتحويل التموج المتقطع DWT و تحويل فورييه المتقطعة DFT، يعطي DCT و DFT الوصف الطيفي للصورة الاصلية، ويقوم DWT بتحويل الصورة الاصلية الى تنبؤات على مستوى الامواج [17].

1.2.6.1 تحويل فورييه المتقطعة DFT

تقنية تحويل فورييه المتقطعة DFT (Discrete Fourier Transform) هي الأكثر استعمالاً لتحويل الصورة من المجال الزمني الى المجال التحويلات باستخدام الجيب والحبيب تمام [18]، يعتبر استخدام هذه التقنية فعالاً لأنه يوفر مقاومة افضل ضد التلاعب الهندسي [19]. يمكن تنفيذ ادراج العلامة المائبة بطريقتين هما العلامة المائبة المباشرة والعلامة المائبة القائمة على نموذج [20].

لنفرض $I(x, y)$ صورة بحجم $M \times N$ حيث $x = 0, 1, \dots, M-1$ و $y = 0, 1, \dots, N-1$ تعطى التحويلة المنقطعة لفورييه المباشرة والتحويلة العكسية بالمعادلات (1.1) و (2.1) على التوالي [4]:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x, y) \cdot e^{-j2\pi(\frac{u.x}{M} + \frac{v.y}{N})} = Re(u, v) + j \cdot Im(u, v) \quad (1.1)$$

$$I(x, y) = \frac{1}{N \cdot M} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \cdot e^{j2\pi(\frac{u.x}{M} + \frac{v.y}{N})} \quad (2.1)$$

$F(u, v)$ هو معامل DFT $u = 0, 1, \dots, M-1$ و $v = 0, 1, \dots, N-1$

$Re(u, v)$ و $Im(u, v)$ هي الاجزاء الحقيقية والتخيلية من DFT على التوالي.

يتم إعطاء الشكل القطبي ل DFT بواسطة المعادلة (3.1).

$$F(u, v) = |F(u, v)| e^{j\phi(u, v)} \quad (3.1)$$

تمثل $\phi(u, v)$ و $F(u, v)$ جزء من السعة و الطور على التوالي، والتي يمكن حسابها بالمعادلتين

(4.1) و (5.1).

$$|F(u, v)| = [Re^2(u, v) + Im^2(u, v)]^{\frac{1}{2}} \quad (4.1)$$

$$|\varnothing(u, v)| = \tan^{-1} \left[\frac{Im(u, v)}{Re(u, v)} \right] \quad (5.1)$$

يحتوي كل من جزء السعة والطور على معلومات حول الصورة وتقدم المرشحين المحتملين لإدراج العلامة المائية [21]. العلامة المائية المدرجة في جزء الطور أكثر متانة ضد الهجمات وأي محاولة لإزالتها تؤدي الى التقليل من جودة الصورة لان جزء الطور يحتوي على معلومات اساسية عن الصورة [4]، و يؤدي ادراج العلامة المائية في جزء السعة من DFT الى حدوث تشويه أضعف في الصورة لان جزء السعة يحتوي على معلومات قليلة حول الصورة [18].

2.2.6.1 تحويل جيب التمام المتقطع DCT

تعد طريقة DCT (تحويل جيب التمام المتقطع - Discrete Cosine Transform) أحد أكثر الطرق استعمالاً لتحويل البيانات من المجال المكاني إلى مجال التحويلات. هي عبارة عن تحويل خطي، يقوم بتحويل متجه او شعاع ذو بعد n إلى مجموعة من المعاملات عددها n. تعتبر طريقة DCT قوية بالنسبة لهجوم ضغط JPEG لأن معيار JPEG يعتمد على تقنية DCT. ولكنها تقتر إلى مقاومة الهجمات الهندسية مثل التحجيم (Rescaling)، التقصيص (Cropping)، الإنسحاب (Translation) والدوران (Rotation) [21].

طريقة إخفاء العلامة المائية التي تركز على DCT هي تقنية قائمة على الكتل، حيث من خلال تطبيق هذه التقنية يتم تقسيم الصورة إلى كتل ذات حجم معين حيث كل كتلة تحتوي على ثلاث مجموعات من الترددات: منخفضة، متوسطة وعالية. معظم الطاقة تتركز في المنطقة ذات التردد المنخفض، بينما يحتوي الجزء ذو التردد العالي على كمية أقل من الطاقة. وتعطي المعادلات الرياضية (6.1) و(7.1) تحويل جيب التمام ثنائي الابعاد (2D-DCT) في الاتجاهين المباشر والعكسي على التوالي [17].

$$C(u, v) = \frac{2}{\sqrt{M \times N}} \cdot a(u) \cdot a(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=1}^{N-1} I(x, y) \cdot \cos\left(\frac{(2x+1) \cdot u \cdot \pi}{2M}\right) \cdot \cos\left(\frac{(2y+1) \cdot v \cdot \pi}{2N}\right) \quad (6.1)$$

$$I(x, y) = \frac{2}{\sqrt{M \times N}} \cdot \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=1}^{N-1} a(u) \cdot a(v) \cdot C(u, v) \cdot \cos\left(\frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{2M}\right) \cdot \cos\left(\frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{2N}\right) \quad (7.1)$$

حيث M و N يحددان حجم الكتلة، $I(x, y)$ تمثل قيمة بيكسل في المجال الزمني، $C(u, v)$ هو معامل تحويل جيب التمام ويتم حساب المعاملات $a(u)$ و $a(v)$ كما يلي :

$$a(u), a(v) = f(x) = f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{Si } u, v = 0 \\ 1 & \text{Sinon} \end{cases} \quad (8.1)$$

تستخدم معاملات ترددات المتوسطة في تحويل DCT عادة لإدراج العلامة المائية بهدف تجنب تعديل الاجزاء المرئية الهامة للصورة (الترددات المتوسطة).

3.2.6.1 تحويل التموج المتقطع DWT

تحويل التموج المتقطع (Discrete Wavelet Transform) DWT يستخدم في تحليل الاشارات والصور، يمكن استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات و ذلك بفضل قدرتها على تقسيم الاشارة او الصورة الى مكونات ترددية مختلفة، يقوم تحويل التموج المتقطع بتفكيك الصورة الى أربع نطاقات ترددية مختلفة وهي: تقريب الصورة (LL_k)، والتفاصيل (أفقي HL_k ، رأسي LH_k ، قطري LH_k)، حيث يعبر k عن مستوى التفكيك [23]. يمكن تطبيق هذه العمليات عدة مرات على جزء تقريب الصورة L_1 لتحقيق مستوى نهائي معين بناء على التطبيق المرغوب كما يوضح في الشكل (4.1). في انظمة العلامة المائية الرقمية يمكن تفكيك الصورة الى مستويات منخفضة من التفاصيل والتي تحتوي على طاقة اقل و هي مناسبة لإجراء التعديلات. يحسب مستوي هذه الطاقة باستخدام المعادلة 9.1 [4].

$$E_k = \frac{1}{M_k \cdot N_k} \sum_{i=0}^{M_k-1} \sum_{j=0}^{N_k-1} |I_k(i, j)| \quad (9.1)$$

حيث k يمثل مستوى التفكيك M_k و N_k هما ابعاد النطاق الفرعي و I_k يشير الى معاملات النطاق الفرعي المقابل. تعتبر هذه الطريقة قوية ضد التصفية المتوسطة و المنخفضة و مع ذلك فهي ليست مقاومة للهجمات الهندسية [24].

LL ₃	HL ₃	HL ₂	HL ₁
LH ₃	HH ₃		
LH ₂		HH ₂	
LH ₁			HH ₁

الشكل 4.1: تحليل الموجات للصورة ($k = 3$)

4.2.6.1 تحليل القيم المفردة SVD

تحليل القيم المفردة (Singular Value Decomposition) SVD هو اسلوب فعال للعمل على المصفوفات ويمكنه معالجة مختلف انواع الصور حيث عند تطبيق اسلوب SVD على صورة I بحجم $M \times N$ يتم تحويلها الى ثلاث مصفوفات Σ و U و V^T كما هو موضح في المعادلة 10.1 حيث U هي مصفوفة $M \times M$ تحتوي على اعمدة متعامدة، اما Σ هي مصفوفة $M \times N$ تحتوي على قيم فردية على القطر الرئيسي، و V^T هي مصفوفة $N \times N$ تحتوي على خطوط متعامدة.

$$\mathbf{I} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{V}^T \cdot \Sigma \quad (10.1)$$

يتم استخدام (SVD) في تطبيقات الضغط والعلامة المائية بسبب الخصائص التالية [25]:

- ادراج تشوش صغير في الصورة لا يؤثر كثيرا على القيم المفردة .
- تحت بعض التحويلات مثل الازاحة والدوران لا تتغير القيم المفردة غير الصفرية للصورة بشكل كبير .

يتم ادراج العلامة المائية بعد ذلك الى القيم المفردة للمصفوفة Σ [26].

7.1 الهجمات المطبقة على انظمة العلامات المائية الرقمية

يمكن تصنيف الهجمات على انظمة العلامة المائية الرقمية الى فئتين رئيسيتين هما الهجمات غير المقصودة والهجمات المقصودة.

حيث الهجمات غير المقصودة تجمع بين جميع الهجمات التي تستهدف ازالة او تدمير علامة الحقوق المائية من الصورة ذات العلامة المائية، ويمكن تقسيم هذه الهجمات الى هجمات الحذف وهجمات الكل، اما الهجمات المقصودة تجمع بين جميع الهجمات التي تهدف الى تعديل العلامة المائية المدمجة او ادراج علامة مائية اخرى في الصور ذات العلامة المائية، او منع العلامة المائية من تحقيق هدفها او تدمير المفتاح السري المستخدم في نظام العلامة المائية وتقسّم هذه الهجمات الى فئتين: هجمات الملكية وهجمات التشفي.

1.7.1 هجمات الحذف

1.1.7.1 ضغط JPEG

ضغط JPEG يتضمن تمثيلا ضائعا لوحدات البيكسل المعالجة حيث يتطلب تمثيل هذه البيكسل كمية اقل من الذاكرة، مع مستويات جودة تتراوح من 0 الى 100 [27]. عندما يتجه معامل الجودة نحو الصفر في ضغط JPEG يؤدي ذلك الى فقدان عام في الوضوح وانخفاض وضوح الحواف و فقدان تفاصيل الالوان [28].

2.1.7.1 الترشيح المتوسط

يتم استخدام الترشيح المتوسط بشكل واسع في معالجة الصور الرقمية لإزالة الضجيج حيث يعمل المرشح المتوسط على $M \times M$ بكسل لاستبدال قيمة كل بكسل بواسطة متوسط كثافة منطقتها.

3.1.7.1 الضجيج

الضجيج موجود دائما في الصور الرقمية، حيث يمكن ان تتأثر الصور بأنواع مختلفة منه خلال مراحل اكتسابها، الترميز والنقل والمعالجة حيث يتنوع الضجيج في الصور، ولإزالته و تحسين جودة الصور نستخدم الترشيح الرقمي مثل المرشح المتوسط. و نذكر ثلاثة انواع منها:

- الضجيج الاضافي مثل ضجيج غاوسي والذي يتميز بمتوسط و انحراف المعياري.
- الضبابية وهي توزيع المعلومات في كل نقطة على النقاط المحيطة بها على سبيل المثال يقلل مرشح المرور المنخفض من الضجيج و لكنه يخفض تفاصيل الصورة، وبالتالي يتم ازالة المكونات عالية التردد و يصبح الضباب اكثر وضوحا و يطلق على هذه العملية اسم التحول التكاملي حيث يتم ضرب مكونات الصورة المختلفة بواسطة وظيفة المرشح مما يقابل التحول التكاملي للمكونات المتكررة في الفضاء.
- ضجيج الملح والفلل او الضجيج النبضي يظهر على شكل بيكسلات بيضاء وسوداء منتشرة وتتميز بكتافتها، ويعود هذا الضجيج اما الى اخطاء في نقل البيانات او الى عدم الوظيفة الصحيحة او الى وجود جسيمات دقيقة على عناصر مستشعر الكاميرا او الى وجود مواقع ذاكرة معيبة في الاجهزة.

4.1.7.1 الوضوح

يشير الوضوح الى نسخة محسنة للصورة، حيث يتم زيادة التباين على طول حواف الصورة بينما تبقى المناطق الاخرى دون تغيير، كما انه عملية معاكسة للتمويه الضبابي. حيث يظهر انتقال سريع من اللون الاسود الى الابيض بوضوح بينما يبدو انتقال تدريجي من اللون الاسود الى الرمادي ثم الى الفاتح غير واضح.

2.7.1 الهجمات الهندسية

1.2.7.1 الدوران

هذا الدوران يقوم بتدوير الصورة بزواوية θ حول نقطتها المركزية، وتعطى وظيفة الدوران بالمعادلة (11.1).

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta \\ -x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \quad (11.1)$$

حيث $(x; y')$ تمثل الوضع الجديد للبكسل و الذي تكون احداثياته الاصلية $(x; y)$

2.2.7.1 الازاحة

الازاحة تنقل البكسل بمسافة ثابتة في اتجاهات (x) و (y) ووظيفتها معطاة بالمعادلة (12.1).

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x + a \\ y + b \end{bmatrix} \quad (12.1)$$

حيث يحدد (a) التحرك على طول المحور (x) و يحدد (b) التحرك على طول المحور (y) .

3.2.7.1 تغيير الحجم

هذا الهجوم يعدل ابعاد الصورة في اتجاهات (x) و (y) ووظيفته تعطى بالمعادلة (13.1).

$$\begin{cases} x' = \partial_x \cdot x \\ y' = \partial_y \cdot y \end{cases} \quad (13.1)$$

∂_x و ∂_y يحددان عوامل التحجيم على طول المحور y و x على التوالي.

4.2.7.1 التقصيص

في هذا الهجوم يتم قص الصورة عن طريق حذف الصفوف والاعمدة وذلك عن طريق تحديد اربعة عناصر تمثل المتجه، $[x_0, y_0, L, H]$ او $\{x_0, y_0\}$ يحدد الموضع و $\{L, H\}$ يمثل عرض وارتفاع مستطيل التقصيص.

3.7.1 هجمات التشفير

احدى هجمات التشفير الرئيسية التي تؤثر على انظمة العلامات المائية الرقمية هو الهجوم المتين الذي يعتبر اسلوب للتجربة و الخطأ و يستخدم للتعرف على معلومات معينة تتعلق بنظام العلامات المائية، حيث يقوم بإنشاء جميع الافتراضات بشأن قيم المعلومات المرغوبة حتى يتم العثور على الافتراض الصحيح، كما يفشل نظام العلامة المائية في حال وجود مهاجم قادر على تخمين المفتاح السري او العام المستخدم في عمليات الادراج او الاستخراج.

8.1 مقاييس تقييم أداء خوارزميات العلامة المائية للصور

يتم تقييم اداء تقنية العلامة المائية للصور من خلال مقاييس معينة تتعلق بعدم المرئية والمتانة ومعدل الادراج وهي: مؤشر الذروة بين الاشارة والضجيج : (PSNR :Peak Signal to Noise Ratio) مقياس مؤشر التشابه الهيكلي (SSIM:Structural similarity Index Measure) معدل الارتباط التبادلي (NCC:Normalized Cross Correlation) معدل اخطاء البيت (BER :Bit Error Rate) قياس معدل الادراج (ER :Embedding Rate) [28] [29].

1.8.1 مؤشر عدم المرئية

PSNR و SSIM هما من المقاييس الشائعة تستخدم للتعبير عن اداء طريقة العلامة المائية من حيث عدم المرئية.

1.8.1.1 مؤشر الذروة بين الاشارة والضجيج

يقيس مؤشر $PSNR$ النسبة بين الاشارة والضجيج التي تؤثر على تمثيلها باستخدام الخطأ المتوسط التربيعي (MSE :Mean Squared Error)، يعبر $PSNR$ عن جودة الصورة ذات العلامة المائية بالمقارنة مع الصورة الاصلية فهو يثبت ان العلامة المائية المدمجة غير ملحوظة تقريبا و تسبب أقل تشوش في جودة الصورة الاصلية، يحسب MSE وفقا للمعادلة (14.1)، ويحسب $PSNR$ بوحدة (dB) وفقا للمعادلة (15.1).

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=1}^{N-1} (I(i,j) - I_w(i,j))^2 \quad (14.1)$$

$$PSNR = 10 \log \frac{(225)^2}{MSE} \quad dB \quad (15.1)$$

حيث $(M \times N)$ هو حجم الصورة الاصلية والصورة المشوشة، $I(i,j)$ هي قيمة البيكسل من الصورة الاصلية و $I_w(i,j)$ هو بيكسل الصورة المشوشة.

2.1.8.1 مؤشر التشابه الهيكلي

مؤشر $SSIM$ يقيس مدى التشابه بين صورتين، يعتمد هذا المؤشر على نموذج يأخذ بعين الاعتبار تأثيرات تشوه الصورة كتغييرات يمكن تحسسها في المعلومات الهيكلية التي تشير الى التفاعلات بين البيكسلات المجاورة للصور. يتم احتساب مؤشر $SSIM$ باستخدام مجموعة من الميزات مثل تقليل السطوع وتقليل التباين، تقليل السطوع يعني ان الاخطاء في الصورة تكون اقل وضوحا في المناطق الساطعة، في حين ينقص تقليل التباين من وضوح الاخطاء في المناطق ذات الاهمية الكبيرة، يتم حساب مؤشر $SSIM$ وفقا للمعادلة (16.1) [30].

$$SSIM(I, I_w) = I(I, I_w)^{\alpha} \cdot c(I, I_w)^{\beta} \cdot s(I, I_w)^{\gamma} \quad (16.1)$$

حيث تمثل $I(I, I_w)$ وظيفة مقارنة السطوع، و $c(I, I_w)$ وظيفة مقارنة التباين، و $s(I, I_w)$ وظيفة مقارنة الهيكل، كما هو مبين في المعادلة (17.1) [30].

$$\begin{cases} I(I, I_w) = \frac{2\mu_1\mu_{I_w} + A_1}{\mu_1^2 + \mu_{I_w}^2 + A_1} \\ c(I, I_w) = \frac{2\sigma_1\sigma_{I_w} + A_2}{\sigma_1^2 + \sigma_{I_w}^2 + A_2} \\ s(I, I_w) = \frac{\sigma_{1I_w} + A_3}{\sigma_1\sigma_{I_w} + A_3} \end{cases} \quad (17.1)$$

حيث μ_1 ، μ_{I_w} ، σ_1 ، σ_{I_w} ، و σ_{1I_w} على التوالي متوسطات وانحرافات معيارية وانحراف مشترك للصور I و I_w يتم الحصول على التعبير المبسط لمؤشر $SSIM$ عند تعيين

$\alpha = \beta = \gamma = 1$ و $A_3 = A_2/2$ وفقا للمعادلة (18.1)، و يتم اعطاء المتوسط النهائي وفقا للمعادلة (19.1) [30].

$$SSIM(I, I_w) = \frac{(2\mu_1\mu_{I_w} + A_1)(2\sigma_{1I_w} + A_2)}{(\mu_1^2 + \mu_{I_w}^2 + A_1)(\sigma_1^2 + \sigma_{I_w}^2 + A_2)} \quad (18.1)$$

$$SSIM(I, I_w) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=1}^{N-1} SSIM(I(i, j), I_w(i, j)) \quad (19.1)$$

حيث ان $A_1 = (K_1 \cdot L)^2$ و $A_2 = (K_2 \cdot L)^2$ هما متغيران لتثبيت القسمة مع مقام ضعيف، حيث L هو مجال القيم الدينامي لقيم البيكسل (عدد البيتات لكل بيكسل $2 + (-1)$)، $L = 0,01$ و $K_1 = 0,03$ و $K_2 = 0,03$. [30]

$M \times N$ تمثل حجم الصور. يتغير مؤشر SSIM في مجال $[-1,1]$ حيث تشير القيمة القصوى 1 الى ان الصورتين متاليتين.

2.8.1 قياس المتانة

يقوم BER و NCC بتقييم قدرة نظام العلامة المائية من حيث المتانة.

1.2.8.1 معدل الارتباط المتبادل

يقيس NCC التشابه والفرق العلامة المائية الاصلية w و التي تم استخراجها w' . يتم تحويل صورتين اولاً عن طريق طرح القيمة المتوسطة، ثم تقسيم كل صورة على انحرافها المعياري. يتراوح NCC بين $[-1,1]$ ، عندما يساوي 1 فان الصورتين متطابقتين تماماً، اذا كان -1 فهذا يعني ان الصورتين متعاكستين اذا كانت تساوي 0 يعني ان الصورتين مختلفتين تماماً، يتم حساب NCC بواسطة المعادلة (20.1) [31].

$$NCC = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} (W(i,j) - \mu_w) \times (W'(i,j) - \mu_{w'})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} (W(i,j) - \mu_w)^2} \times \sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=1}^{n-1} (W'(i,j) - \mu_{w'})^2}} \quad (20.1)$$

2.2.8.1 نسبة اخطاء البت

يقيس BER نسبة الخاطئة المستخدمة من العلامة المائية الاصلية، يعبر BER الصغير عن المتانة العالية للعلامة المائية ضد مختلف الهجمات. يتم حسابه باستخدام المعادلة (21.1) [32].

$$BER(W, W') = \frac{1}{m \times n} \left[\sum_{i=0}^m \sum_{j=1}^n (W(i,j) + W'(i,j)) \right] \times 100 \quad (\%) \quad (21.1)$$

3.8.1 قياس نسبة الادراج

معدل الادراج ER يقيس نسبة البيانات المدرجة، اي بتات العلامة المائية في اجمالي الصورة المضافة، يعبر عنه بوحدة (bpp : bits per pixel)، يكون الاداء جيدا اذا حققت الخوارزمية حمولة فعالة عالية للعلامة المائية، وعدم وجود تغيير ملحوظ في الصورة و المتانة العالية. يحسب معدل الادخال بواسطة المعادلة (22.1).

$$ER = \frac{T}{M \times N} (bpp) \quad (22.1)$$

حيث ان T هو اجمالي عدد البتات السرية المدرجة وحجم الصورة.

9.1 خاتمة

تتمتع العلامة المائية الرقمية بالكثير من الاهتمام نظرًا للمخاوف المتزايدة حول موثوقية المحتوى الرقمي و سلامته. حيث تم عرض دوافع الانتقال الى العلامة المائية الرقمية وتم الكشف عن متطلباتها ومكوناتها الرئيسية، بالإضافة إلى تصنيف أنظمة العلامات المائية ومختلف تقنيات العلامة المائية الرقمية للصور ومبادئ مختلف الهجمات على انظمة العلامة المائية للصور وتم تقديم مجموعة من المقاييس المستخدم لتقييم أدائها.

الفصل الثاني

عموميات على الصور

الرقمية والصور الطبية

1.2 مقدمة

الصور الرقمية هي ملف يأتي بأحجام وتنسيقات مختلفة، وتعتبر تمثيل لصورة ثنائية الابعاد تتكون كل صورة رقمية من مجموعة محدودة من القيم الرقمية تسمى عناصر الصورة او البيكسل، كلما زادت عدد البيكسالات كلما كانت الصورة اكثر وضوحا وأكثر دقة، يمكن ان تكون هذه الصور بلون واحد او اكثر. تعتبر الصورة الرقمية غير ملموسة لكن معظم تنسيقاتها يمكن ان تطبع بواسطة أنواع مختلفة من الطابعات ويمكن تبادلها ونقلها بين معظم الاجهزة الالكترونية.

تستخدم الصور الرقمية في مجموعة واسعة من المجالات ومنها التصوير الطبي، حيث يتم تحويل المعلومات المأخوذة من الاجهزة الطبية الى بيانات رقمية، ومن ثم يتم تخزينها وعرضها كصورة طبية رقمية، مما يسهل تخزين و نقل البيانات، ويتيح استخدام تقنيات المعالجة الرقمية لتحسين الجودة واستخراج المعلومات بشكل دقيق، كما تمكن الصور الرقمية من تحليل البيانات بشكل اسرع وتقديم صورة أفضل حول حالة المريض و تشخيص الامراض.

ظهرت أول أنواع الصور الرقمية عندما تم تطوير أجهزة المسح الضوئي في منتصف القرن العشرين، ومن خلالها أصبح من الممكن إجراء عملية مسح للصور العادية وتحويلها إلى صور رقمية. ولم تدخل الصور إلى عالم الحواسيب إلا عندما تم تطوير أجهزة الكمبيوتر التي تحتوي على جهاز العرض حيث أصبح من الممكن استعراض معظم الصور الرقمية. على الرغم من أن شبكة الإنترنت حاليا تحتوي على المليارات من الصور الرقمية، لم يكن الوضع كذلك في بدايات ظهور الإنترنت، فقد كانت أولى المتصفحات التي تم تطويرها لتعرض صفحات الإنترنت لا تدعم عرض الصور، وبالتالي لم يكن استخدام الصور ونقلها عبر الإنترنت متاحا كما هو الحال اليوم، حيث كانت شبكة الإنترنت تعتمد على صفحات تعرض النصوص المكتوبة فقط، مع تطور شبكة الانترنت تم تصميم اول متصفح قادر على عرض النصوص والصور معا، و في ما بعد اصبحت جميع المتصفحات قادرة على عرض الصور الرقمية.

2.2 معالجة الصور الرقمية

مصطلح معالجة الصور الرقمية يشير إلى معالجة الصور ثنائية الأبعاد بواسطة أجهزة الكمبيوتر الرقمية في سياق أوسع، فهذا يعني المعالجة الرقمية لأي بيانات ثنائية الأبعاد، وتعرف الصورة الرقمية أنها عبارة عن مجموعة من الأرقام الحقيقية ممثلة بعدد محدود من البتات. تتمثل المزايا الرئيسية لطرق معالجة الصور الرقمية في شموليتها و امكانية استنساخها و الحفاظ على دقة البيانات الاصلية [33]. كما ان معالجة الصور الرقمية تعتبر فرعاً هاماً في علم الحاسوب، يعتقد البعض أن المعالجة الرقمية للصور تقتصر على تجميل الصورة او اضافة رسومات، الا ان هذا ليس صحيحاً فالتركيز الحقيقي في معالجة الصور الرقمية يتم على التشفير الرقمي المناسب للصور و تطوير طرق معالجة هذه البيانات الرقمية. يهتم بشكل أساسي في تحويل الصور او المعلومات المحمولة بها الى شكل يمكن استخدامه بسهولة من قبل الاجهزة الالية، سواء كانت حواسيب او آلات اخرى لمعالجة الصور الرقمية أهمية كبيرة في فهم الصور واستخدامها [34].

تم تطوير العديد من التقنيات في معالجة الصور خلال العقود الماضية، حيث تم تطوير معظم التقنيات بغرض تحسين الصور التي تم الحصول عليها من المركبات الفضائية و المسابير الفضائية ورحلات الاستطلاع العسكرية، واليوم نرى ان انظمة معالجة الصور اصبحت شائعة نظراً لسهولة توفر اجهزة الكمبيوتر القوية و توفر اجهزة الذاكرة كبيرة الحجم وبرامج الرسومات وما الى ذلك. تم استخدام المعالجة الرقمية في مجالات مختلفة مثل التصوير الطبي والخرائط والصور الجوية [33].

1.2.2 مراحل نظام معالجة الصور الرقمية الطبية

- النقاط الصور بواسطة اجهزة التصوير الطبية مثل الاشعة السينية و الرنين المغناطيسي والتصوير بالموجات فوق الصوتية.
- تعديل الصور لتحسين جودتها ووضوحها، ويشمل ذلك تصحيح الالوان و تقليل الضوضاء [34] [35].
- تقسيم الصورة لفصل المعلومات المهمة عن الخلفية [34] [35].
- استخراج المميزات أو الصفات [34] [35].
- تحليل الصورة لتفسير واستخراج المعلومات الطبية [34] [35].
- تحسين التشخيص الطبي وتصحيح اي أخطاء ممكنة.

- تخزين الصور الطبية بشكل امن، مع امكانية مشاركتها بين الفريق الطبي.
- انشاء تقارير طبية مفصلة استنادا الى المعلومات المستخرجة من الصور الطبية.
- معالجة الصور الطبية اساسية لتحسن دقة التشخيص، وتوجيه العلاج و رصد التطورات الصحية، مما يعزز رعاية المرضى و تحسين جودة الرعاية الصحية.

2.2.2 المعالجة المبدئية

المعالجة المبدئية مجموعة من العمليات التي تعد البيانات ليتم تحليلها لاحقا ولتصحيح الأخطاء بطريقة هندسية أو غيرها، والتقنيات التي تستخدم في هذه المرحلة تختلف بحسب طبيعة المعلومات المراد استخراجها من الصورة والعمليات المستخدمة في عملية التحسين تتعلق بنوع البيانات التي نريد معالجتها وكذلك الغرض من تحليل الصورة. وتتم هذه العمليات بتحويلات فورييه أو الترشيح أو تحسين التباين في الصورة [35].

3.2.2 كشف حواف الصورة

كشف الحواف هو أداة أساسية في معالجة الصورة بحيث يتضمن كشف الحواف طرق رياضية متنوعة تساعد في تعريف نقط الصورة، تكون إضاءة الحواف أعلى من مجاوراتها. يتم اكتشاف الحواف باستخدام ما يسمى بالتلفيف حيث إن الحافة هي البحث عن أكبر تغيير بالدالة، بعض عمليات كشف الحواف تحمل ما يسمى باتجاه الحافة وقيم الحافة [35].

4.2.2 ترشيح الصور الرقمية

الترشيح هو تمرير صورة من خلال عملية تعالج كل بكسل من بيكسلاتها للحصول على تأثير معين، العملية المذكورة هي دالة رياضية تأخذ عدداً محدداً من البيكسلات كقيم لونية وتحسب منها قيمة لونية وحيدة جديدة. يتم تطبيق الدالة مرة واحدة على كل بيكسل من البيكسلات في الصورة المرغوب ترشيحها. في هذه العملية يتم التعامل مع البيكسلات كمتجهات لونية ثلاثية الأبعاد أو رباعية الأبعاد المرغوب ترشيحها. في هذه العملية يتم التعامل مع البيكسلات كمتجهات لونية ثلاثية الأبعاد أو رباعية الأبعاد.

عملية الترشيح التي تطبق على الرقم العددي لوحدة الصورة بناء على الأعداد الرقمية (شدة الإضاءة) لوحدات الصورة المجاورة تؤدي إلى ما يسمى بالتحسين المكاني للصورة الذي يتعامل لحد كبير مع التردد المكاني [35].

بيانات الصورة الرقمية قد تحتوي على بيانات عالية التردد المكاني في جزء منها وعلى بيانات منخفضة التردد المكاني في جزء آخر تمثل تغيرا تدريجيا في الأعداد الرقمية على مساحة واسعة من الصورة أو على

عدد كبير من وحدات الصورة، وذلك يعني تغيرا تدريجيا في شدة الإضاءة ويطلق عليها المناطق الناعمة، وبالمقابل فإن البيانات عالية التردد المكاني تمثل تغيرا سريعا في الأعداد الرقمية في مساحة صغيرة من الصورة، بمعنى أنها تمثل تحولا كبيرا في التدرج الرمادي للصورة، ويطلق عليها المناطق الخشنة [35]. يمكن توضيح اختلافات التردد المكاني على النحو التالي.

تردد مكاني معدوم: يعني صورة مبسطة تتصف بأن كل وحدات الصورة فيها تحمل نفس العدد الرقمي [35].

تردد مكاني منخفض: يعني صورة تتصف بتغير تدريجي ناعم في المستوى الرمادي لوحدات الصورة [35].

تردد مكاني عالي: يعني صورة رقمية تحتوي على وحدات صورة بيضاء وسوداء [35].

صمم نوعين من المرشحات لإبراز المعالم منخفضة التردد المكاني وأخرى لإبراز المعالم عالية التردد المكاني هما:

1.4.2.2 مرشحات التمير العالي

تسمى أيضا مرشحات تحسين الحواف لأنها تؤدي إلى إبراز الظواهر الحدودية، و يتم إبراز هذه المعالم بزيادة التغيير في درجة الرمادي بين وحدات الصورة المتجاورة و يكثر تطبيقها في التعرف على الظواهر الجيولوجية [35].

2.4.2.2 مرشحات التمير المنخفض

يتم استخدامها في أجزاء الصورة التي يكون فيها التغيير في الأعداد الرقمية لوحدات الصورة المتجاورة كبيرا، ويمكن تخفيضه بمثل هذه المرشحات وبالتالي فإن هذه المرشحات تساعد أيضا في إزالة الضجيج الناتج عن وجود عدد رقمي كبير جدا بالمقارنة بالأعداد الرقمية المجاورة له، ويؤدي استخدام مثل هذا المرشح إلى إزالة التفاصيل الصغيرة من الصورة وتغطية الحواف والحدود فلا تظهر في الصورة [35].

5.2.2 تنعيم الصورة

عمليات تنعيم الصورة لها هدفين أساسيين الأول جعل الصورة أكثر نعومة، أما الثاني فهو التخلص من الضجيج. تستعمل عمليات تنعيم الصورة لإضعاف الآثار الزائفة التي يمكن أن توجد في الصورة الرقمية وتتم عمليات التنعيم في المجالين التماثلي والتردد [35].

6.2.2 التحسين بالألوان

إن استخدام الألوان في عرض وتحسين الصورة الرقمية يعتبر مفهوما مهما في معالجة الصورة الرقمية ذات نطاقات الطيف المتعدد حتى يستطيع محلل الصور أن يستنبط منها معلومات أكثر عند النظر إليها

لتفسيرها وتصنيفها، والعين البشرية محدودة القدرة في تمييز درجات الرمادي ولكنها تتمتع بقدرة عالية في تمييز الألوان، وجميع النظم المستخدمة لعرض الصور الرقمية تستخدم نظام إضافة الألوان المركبة باستخدام الألوان الأساسية الثلاثة (الأحمر، الأخضر، الأزرق) [35].

إن من تقنيات تحسين الصورة لتسهيل قراءتها وتفسيرها أن نجعل أعدادا رقمية معينة تمثل ألوانا معينة، وبالتالي يزداد التباين لقيم معينة من الأعداد الرقمية بالنسبة لوحدات الصورة التي حولها. يمكن تحويلا لصورة بكاملها من أبيض وأسود إلى صورة ملونة، والصورة الملونة بالألوان الطبيعية تكون الألوان فيها ممثلة للأعداد الرقمية في مجال الطيف الذي يعطي هذه الألوان حقيقتها (بحيث تظهر الأجسام الزرقاء باللون الأزرق والأجسام الخضراء باللون الأخضر والأجسام الحمراء باللون الأحمر في الصورة). أما تقنية الألوان الغير الحقيقية فتعتمد على وضع ألوان للأعداد الرقمية تختلف عما تمثله حقيقة من انعكاس طيفي من سطح الأرض كما يراها الإنسان من مميزات هذه التقنية أنها تساعد في التركيز على ظواهر أرضية معينة أثناء عملية تفسير الصورة، وذلك بإبراز هذه الظواهر في الصورة بألوان أكثر ظهورا [35].

7.2.2 تحسين الإضاءة في الصور

تعتبر من اهم عمليات ما قبل المعالجة في مختلف تطبيقات معالجة الصور ونذكر منها على سبيل المثال [35]:

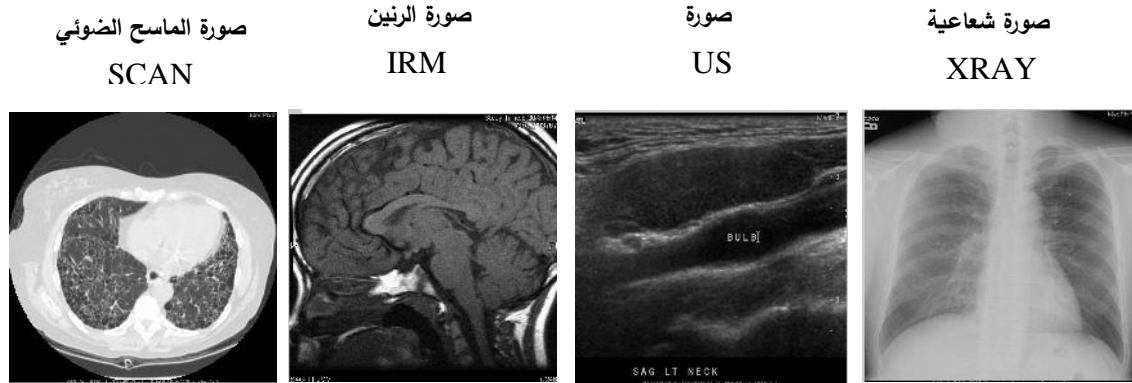
معالجة الصور الثابتة: حيث قد تكون الإضاءة عند التقاط صورة سيئة، فلا تظهر الملامح بشكل جيد [35].

انظمة مراقبة الحركة: تغيرات الإضاءة تؤدي إلى زيادة معدل الكشف الخاطئ للحركة [35].

ويعتبر تحسين الإضاءة بالاعتماد على الهيستوغرام (Equalization Histogram) من أشهر طرق تحسين الإضاءة، وهو عدد مرات تكرار قيمة لونية معينة في الصورة، ويمثل احتمال ظهور هذه القيمة اللونية، أما الفائدة من هذه التقنية هو زيادة التباين في الصور قليلة التباين، مما يؤدي إلى تحسين الصورة بشكل ملحوظ الهدف من عملية التحسين، توزيع الإضاءة بشكل منتظم بالصورة، أي جعل الهيستوغرام مستويا تقريبا [35].

3.2 أنواع الصور الطبية

أصبحت الصورة الطبية مهمة من اجل تشخيص أفضل، ولتقييم مراحل الأمراض والتأكد من فعالية العلاج، هناك أربعة أنواع الصور الطبية: صورة الأشعة السينية، والموجات فوق الصوتية والرنين المغناطيسي و صورة الماسح الضوئي كما هو موضح في الشكل 1.2:



شكل 1.2: مختلف أنواع الصور الطبية المستعملة

1.3.2 التصوير الشعاعي (X-Ray)

يعتمد مبدأ التصوير الشعاعي على استخدام الأشعة السينية لعرض صور للعظام والانسجة الرخوية باستخدام الأشعة الكهرومغناطيسية، يستخدم التصوير الشعاعي في تشخيص الامراض و الإصابات [36].



الشكل 2.2: جهاز التصوير الشعاعي

2.3.2 التصوير بالموجات فوق الصوتية (US)

التصوير بالأمواج فوق الصوتية هو تقنية تصوير طبي تستخدم الموجات الصوتية عالية التردد لإنشاء صور الأعضاء والأنسجة الداخلية، تعتبر هذه التقنية آمنة وغير مؤلمة وتستخدم بشكل واسع في مراقبة الجنين أثناء الحمل وفحص الأعضاء مثل الكبد والكلية والقلب [38]



الشكل 2.3: جهاز التصوير بالموجات فوق الصوتية

3.3.2 التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)

التصوير بالرنين المغناطيسي هو تقنية تصوير طبي تستخدم الحقول المغناطيسية القوية والموجات الراديوية لتوليد صور تفصيلية للأعضاء والأنسجة الداخلية [37]. يمكن بواسطة التصوير بالرنين المغناطيسي تمييز المركبات الكيميائية للأنسجة المختلفة والأمراض الخبيثة على الرغم من فعاليتها فان هذه الطريقة ليست شائعة بسبب تكلفة الاجهزة العالية والبنية المعقدة.



الشكل 4.2: جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي.

4.3.2 تصوير الماسح الضوئي (SCAN)

تصوير الماسح الضوئي هو تقنية تستخدم لتحويل صور الهياكل الداخلية للجسم الى صيغة رقمية باستخدام أجهزة ماسح ضوئي طبية مثل الاشعة المقطعية [39].

4.2 الانماط الشائعة لملفات الصور الطبية

• (Digital Imaging and Communications in Medicine) DICOM:

يتميز بالقدرة على تضمين البيانات السريرية مثل المعلومات الطبية والمعلومات الخاصة بالمريض كما يدعم صور متعددة الابعاد ويسمح بتخزين مجموعة متنوعة من الصور والبيانات.



الشكل 5.2 : DICOM

• (Joint Photographic Experts Group) JPEG:

يستخدم على نطاق واسع في التصوير الطبي لأغراض اعلانية وتوثيقية، لكنه لا ينصح للتشخيص الطبي الحاسم بسبب فقدان بعض التفاصيل اثناء عملية الضغط.



شكل 6.2: JPEG

• (Portable Network Graphics) PNG :

يحتفظ بجودة الصورة عند الضغط دون فقدان كبير، و يستخدم في تطبيقات تحتاج الى الشفافية.



الشكل 7.2: PNG

• (Tagged Image File Format) TIFF :

يدعم صوراً بجودة عالية وقد تكون أحجام الملفات كبيرة و يستخدم في تطبيقات تحتاج الى دقة عالية تحديد الصيغة المناسبة يتوقف على متطلبات التطبيق و الغرض من استخدام الصور الطبية حيث يتم تحديدها بناء على حجم الملفات جودة الصورة و قدرتها على تلبية احتياجات التشخيص الطبي.

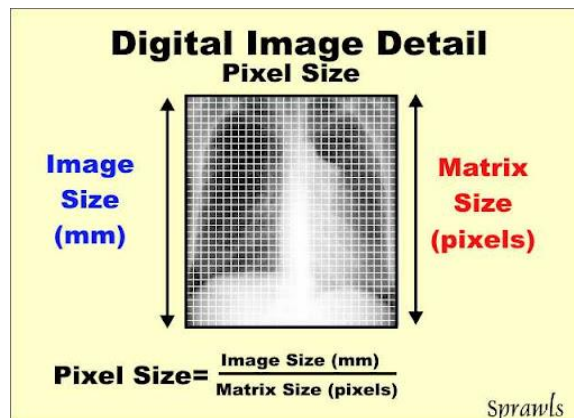


شكل 8.2: TIFF

5.2 تشكيل الصورة الرقمية حاسوبيا

التحويل (تماثلي رقمي) او الرقمنة هي عملية تحويل الاشارات التماثلية مثل الصورة و الصوت و الفيديو التي تجتمع فيه الصورة و الصوت معا الى اشارات رقمية بحيث يتمكن الحاسوب من معالجتها، و تكون الاشارة التماثلية في شكل اشارة مستمرة متغيرة في كل لحظة زمنية بينما تكون الاشارة الرقمية متقطعة بالنسبة للزمن، و بالتالي فان التحويل الرقمي هو عملية تقريبية للإشارة [40].

تعمل عملية تحويل الصورة التماثلية الى صورة رقمية عن طريق التقطيع على المحور الافقي و التكميم على المحور الشاقولي و بهذه الطريقة نتحصل على مربعات صغيرة، بحيث كل عينة مربعة الشكل يطلق عليها بكسل و يعتبر اصغر جزء في الصورة الرقمية، كل بكسل من الصورة يحمل لون واحد بحيث عند التكبير يظهر ذلك جليا على حسب نوعية الصورة [40].



شكل 9.2: صورة توضيحية للبيكسل

في صور على بيت واحد عدد القيم اللونية المتاحة لكل بكسل هو $2^1 = 2$ وهذا يعني ان البيكسل له احتمالين هو 0 او 1 اذا كان 0 يعني ان لونه اسود و عندما تكون القيمة 1 يحمل لون ابيض، بحيث يتم التحصيل على مصفوفة ثنائية تمثل القيم لكل بيكسل في الصورة كما يبين الجدول التالي [40].

	X				
	→				
Y	↓	1	0	0	...
		0	1	1	...
		0	0	1	...
	:	:	:		

الجدول 1.2: مصفوفة ثنائية الأبعاد تمثل الصورة الثنائية

وهناك الصور التدرجية الرمادية على 8 بت، عدد القيم اللونية لكل بيكسل هو 255 بحيث يمثل درجات من الأبيض إلى اللون الأسود، التي تبدأ من القيمة 0 إلى آخر قيمة التي تمثل 255، أي أن كل بيكسل يحجز 8 بت أي بايت واحد في الذاكرة لتخزينه، وبالتالي نتحصل على مصفوفة تمثل صورة تدرجية للرمادي، وكما يمكن لكل بيكسل أن يأخذ قيمة لونية من 0 إلى 255 هو مبين في الجدول التالي [40].

	X				
	→				
Y	↓	44	200	199	...
		15	180	255	...
		2	181	33	...
	:	:	:		

الجدول 2.2: مصفوفة توضح تركيب الصورة الرمادية

ملاحظة: تم كتابة الأرقام في الجدول في النظام العشري بهدف التسهيل فقط ولكن في حقيقة الأمر تكون بالنظام الثنائي بحيث يتمكن الحاسوب أن يتعامل معها، وكذلك بالنسبة للجدول الباقي [40].

أخيرا الصور الرقمية الملونة على 24 بت، عدد القيم اللونية المحتملة لكل بيكسل هو 16777216 لون في وجود ثلاثة ألوان رئيسية وهي الاحمر و الازرق و الاخضر و يرمز لهذا النظام ب(RGB)، كما ان كل بيكسل في الصور الملونة يحمل ثلاث قيم و لكل لون يحمل قيم من 0 الى 255 قيم مختلفة من الفاتح للغامق كما ذكرنا سابقا.

في اللون الرمادي ولكل بيكسل 24 بت في الذاكرة تقسم الى 8 لكل لون وعند دمجها نحصل على 16777216 لون مختلف كما في الجدول التالي [40].

	44	150	58	...
	15	34	24	...
	2	181	33	...
	⋮	⋮	⋮	⋮

الجدول 3.2: صورة ملونة على شكل مصفوفة ثلاثية

6.2 الخاتمة

في هذا الفصل تم التطرق للصورة الرقمية خاصة الطبية منها، حيث أن معالجة الصور الرقمية في المجال الطبي لديها الكثير من المزايا وهي أحد الاسباب التي ادت الى تطوير المجال الطبي، والجدير بالذكر انها تستخدم في العديد من المجالات الاخرى من الصناعات وتحسين الصور في البرامج ومنصات التواصل الاجتماعي وتحرير الفيديوهات وغيرها.

الفصل الثالث

تطبيق DCT لإخفاء العلامة المائية

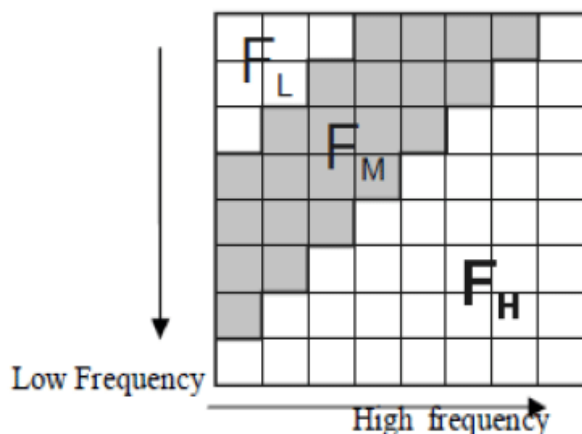
في الصور الطبية

1.3 مقدمة

تختلف عملية ادماج البيانات في الصور الطبية عموماً عن تلك الموجودة في الصور الأخرى. يرجع ذلك إلى حقيقة أن الصور الطبية تحتوي على معلومات هامة، يتم استخدامها لغرض التشخيص، وتنقسم الصور الطبية إلى منطقتين منطقة الأكثر أهمية والمنطقة الأقل أهمية. استناداً إلى المنطقة التي يتم ادماج البيانات فيها هناك العديد من التقنيات لإدماج علامة مائية في الصور الطبية. في هذا الفصل سوف نتطرق إلى طريقة ادماج العلامة المائية [41] حيث تم استخدام تقنية تحويل جيب التمام المتقطع لتحويل الصور الطبية إلى المجال الترددي، حيث أن الطريقة المستخدمة لتحويل الصور الطبية إلى المجال الترددي تستعمل تحويل DCT حسب المعادلة (6.1)، ويمكن حساب تحويل DCT العكسي حسب المعادلة (7.1).

2.3 تحويل جيب التمام المتقطع (DCT)

في الخوارزمية التي سيتم استخدامها يتم استعمال تحويل DCT ثنائية البعد على الصورة بعد تقسيمها إلى كتل (Blocks) بحجم 8×8 بيكسل، تم اختيار تقسيم الصورة بهذا الحجم لكي تكون الطريقة أكثر متانة ضد هجوم الضغط JPEG. الشكل 1.3 يمثل مصفوفة DCT بحجم 8×8 ذات 64 معامل. يتم اختيار اثنين من معاملات التردد المتوسط من أجل ادماج العلامة المائية وهذا من أجل تحقيق عدم المرئية و المتانة معاً، حيث نقوم بتعديل قيم المعاملات المختارة باستخدام عامل ادماج العلامة المائية K . المعاملات المستخدمة هي $C_{5,4}$ و $C_{4,3}$ كما هو مبين في الشكل 2.3 تعديل المعاملات يتم ضبطه وفقاً لقيمة العلامة المائية المراد ادراجها، و يتم التعديل على النحو التالي [41]:



الشكل 1.3: الترددات في 2D-DCT

$C_{1,1}$	$C_{1,2}$	$C_{1,3}$	$C_{1,4}$	$C_{1,5}$	$C_{1,6}$	$C_{1,7}$	$C_{1,8}$
$C_{2,1}$	$C_{2,2}$	$C_{2,3}$	$C_{2,4}$	$C_{2,5}$	$C_{2,6}$	$C_{2,7}$	$C_{2,8}$
$C_{3,1}$	$C_{3,2}$	$C_{3,3}$	$C_{3,4}$	$C_{3,5}$	$C_{3,6}$	$C_{3,7}$	$C_{3,8}$
$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	$C_{4,3}$	$C_{4,4}$	$C_{4,5}$	$C_{4,6}$	$C_{4,7}$	$C_{4,8}$
$C_{5,1}$	$C_{5,2}$	$C_{5,3}$	$C_{5,4}$	$C_{5,5}$	$C_{5,6}$	$C_{5,7}$	$C_{5,8}$
$C_{6,1}$	$C_{6,2}$	$C_{6,3}$	$C_{6,4}$	$C_{6,5}$	$C_{6,6}$	$C_{6,7}$	$C_{6,8}$
$C_{7,1}$	$C_{7,2}$	$C_{7,3}$	$C_{7,4}$	$C_{7,5}$	$C_{7,6}$	$C_{7,7}$	$C_{7,8}$
$C_{8,1}$	$C_{8,2}$	$C_{8,3}$	$C_{8,4}$	$C_{8,5}$	$C_{8,6}$	$C_{8,7}$	$C_{8,8}$

الشكل 2.3: مصفوفة DCT بحجم 8×8 ذات 64 معامل

3.3 مبدأ عمل خوارزمية ادراج العلامة المائية

ادراج بت العلامة المائية 0: يتم تعديل المعاملات بحيث يكون $|C_{4,3}| > |C_{5,4}|$ ويتم ذلك من خلال

الخطوات التالية [41]:

$$\text{if } (C_{4,3}) \leq (C_{5,4})$$

$$\text{Swap}(C_{4,3}, (C_{5,4}))$$

$$\text{if } |C_{4,3} - C_{5,4}| > K$$

No Change

$$\text{Else if } |C_{4,3} - C_{5,4}| < K$$

$$\left[(C_{4,3}) = (C_{4,3}) + \frac{K}{2} \right]$$

$$\left[(C_{5,4}) = (C_{5,4}) - \frac{K}{2} \right]$$

End if

End if

لإدراج بيت العلامة المائية 1: يتم تعديل المعاملات بحيث يكون $|C_{4,3}| < |C_{5,4}|$ وذلك من خلال الخطوات التالية [41]:

if $(C_{4,3}) > (C_{5,4})$

Swap $(C_{4,3}), (C_{5,4})$

if $|C_{4,3} - C_{5,4}| \geq K$

No Change

Else If $|C_{4,3} - C_{5,4}| < K$

$$\left[(C_{4,3}) = (C_{4,3}) - \frac{K}{2} \right]$$

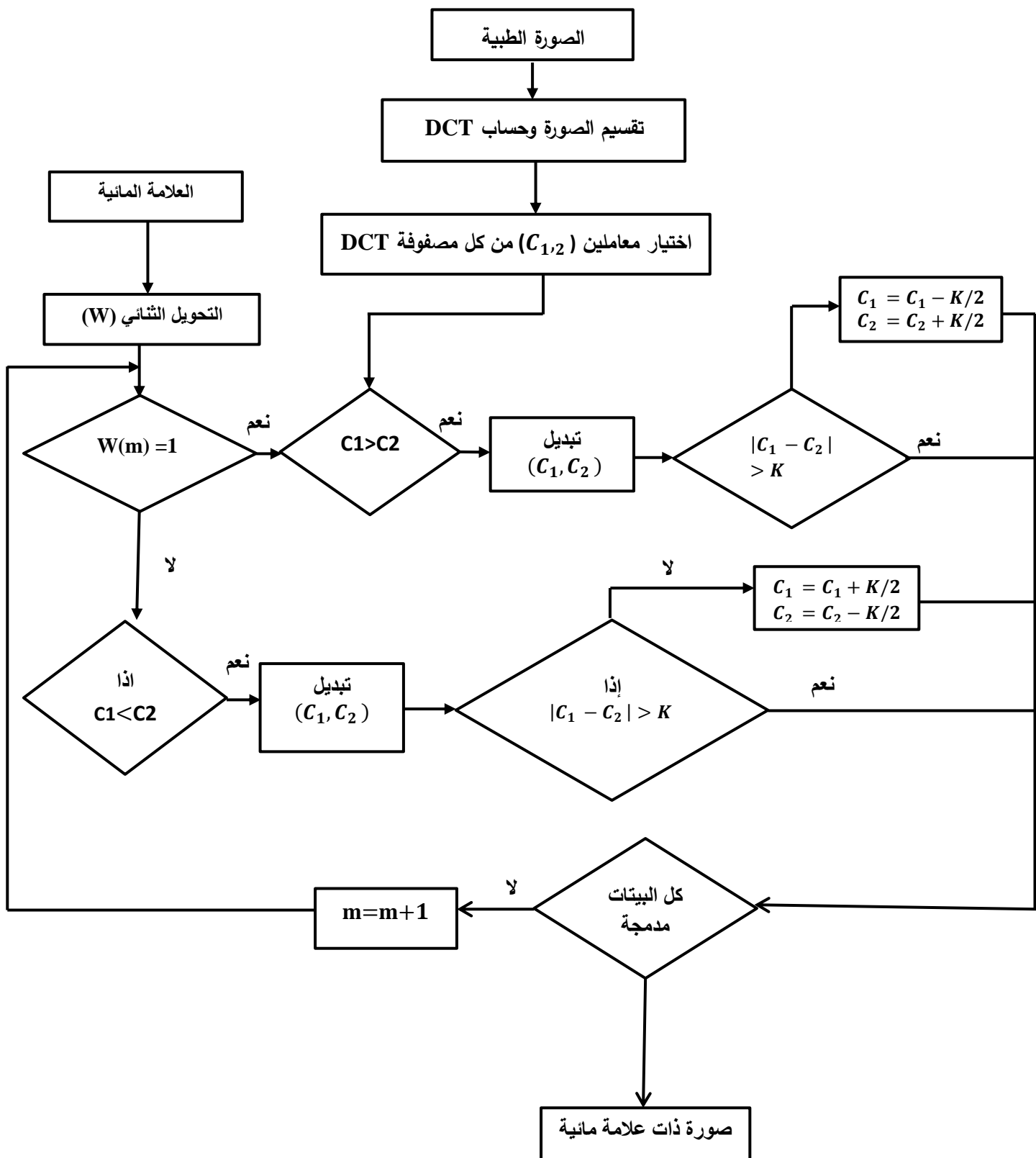
$$\left[(C_{5,4}) = (C_{5,4}) + \frac{K}{2} \right]$$

End if

End if

يظهر الشكل 3.3 مخطط الخوارزمية المستخدمة لإدراج البيانات. الذي يكون حسب المراحل التالية [41]:

1. قراءة الصورة الطبية والملف الإلكتروني للمريض الذي يمثل العلامة المائية الرقمية المراد ادماجها.
2. تحويل العلامة المائية الرقمية الى النظام ثنائي.
3. تقسيم الصورة الطبية الى كتل بحجم 8×8 بيكسل.
4. حساب تحويل DCT لكل مصفوفة.
5. إدراج العلامة المائية باستخدام معامل الإدراج K عن طريق اختيار معاملين C_1 و C_2 .
6. لإدراج البيت 0 يتم ضبط C_1 و جعله اكبر نسبيا من المعامل C_2 اي $C_2 < C_1$.
7. لإدراج البيت 1 يتم ضبط C_1 و جعله اصغر نسبيا من المعامل C_2 اي $C_2 > C_1$.
8. حساب تحويل DCT العكسية للمصفوفة المعدلة.
9. يتم تكرار الخطوات من 4 الى 8 لإدراج كل البيانات.



الشكل 3.3: مخطط الخوارزمية المستخدمة لإدراج البيانات

طريقة استخراج العلامة المائية هي التنفيذ العكسي لخوارزمية الادراج، حيث نقارن المعاملين C_1 و

C_2 في تحويل الصورة ذات العلامة المائية

- اذا كان $C_1 < C_2$ فان بت العلامة المائية 1
- اذا كان $C_1 > C_2$ فان بت العلامة المائية 0

4.3 الخاتمة

في هذا الفصل قمنا بشرح خوارزمية ادراج العلامة المائية للصور الطبية القائمة على تحويل جيب

التمام المنقطع DCT، وفي الفصل القادم سنقوم بتنفيذ محاكاة هذه الخوارزمية على انواع مختلفة من الصور الطبية.

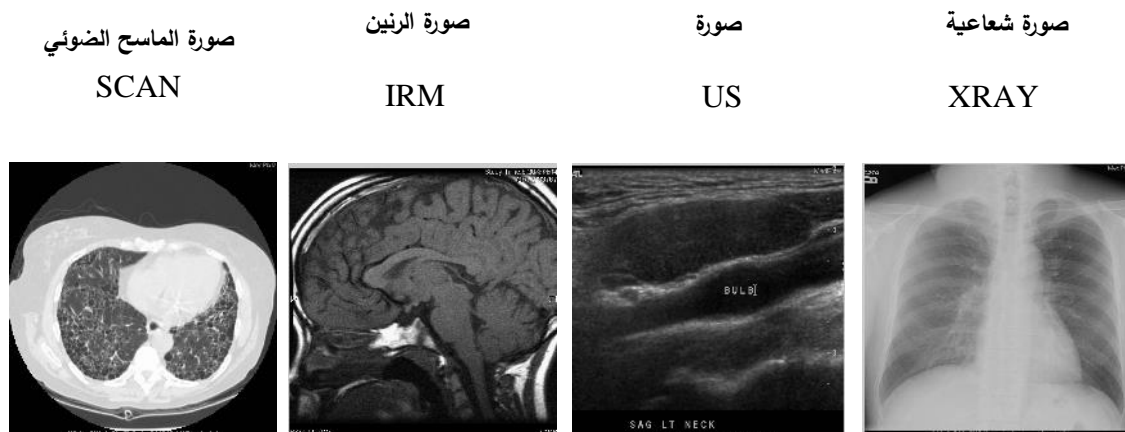
الفصل الرابع

المحاكاة والنتائج

1.4 مقدمة

في هذا الفصل سوف نقوم بتقييم خوارزمية ادراج العلامة المائية الرقمية في الصور بطريقة تحويله جيب التمام المتقطع، والتي تم التطرق لها في الفصل الثالث، باستخدام حاسوب بنظام تشغيل windows7 ومعالج Intel® core™ i3-4005U ب 1.76 GHZ، مع ذاكرة RAM ب 4GB وباستعمال لغة . MATLAB 10

لتقييم هذه الطريقة يتم استعمال اربع انواع من الصور الطبية بتدرج الرمادي وهي: الصور الشعاعية (XRAY)، صور الماسح الضوئي (SCAN)، صور الرنين المغناطيسي (IRM) وصور الامواج فوق الصوتية(US)، كما هو موضح في الشكل 1.4 [42]:



شكل 1.4: مختلف أنواع الصور الطبية المستعملة

حجم الصورة الطبية المستعملة هو (1024×1024) بكسل وحجم البيانات المراد ادراجها هو(128×128) بت.

يتم ادراج العلامة المائية على شكل Code QR (Quick Response code) أو الرمز المربع أو رمز الرد السريع وهو اسم العلامة التجارية لنظام مصفوفة الرموز الشريطية ثنائي الابعاد (الباركود) وكان اول استخدام له في تصميم صناعة السيارات [43].

في الآونة الاخيرة انتشر هذا النظام خارج نطاق الصناعة بسبب سهولة القراءة بسرعة و نسبة التخزين العالية، يتكون الرمز من وحدات سوداء مرتبة على شكل مربع على خلفية بيضاء، يمكن ان تكون العلامات المشفرة أي نوع من البيانات [43]، نوع البيانات المشفرة في Code QR الموضح في الشكل 2.4 والذي سوف نستعمله كعلامة مائية هي عبارة عن الرابط الالكتروني الاتي: <https://goo.by/oPsfys> حيث يحتوي هذا الرابط على ملف معلومات المريض الموضحة في الشكل 3.4:



الشكل 2.4 : Code QR

Ministry of Health
H Medical Complex

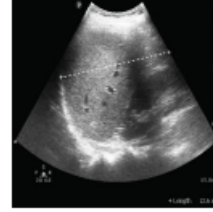


Radiology Report

CPR: 123889045

General data

Patient: Alex Kondly
Gender: Male
Date of birth: 22/04/2014



Exploration: Ultrasound Abdomen & pelvis
Exam date: 14/06/2023 09:52
Referral center: H Medical Complex
Department: Pediatrics
Requesting doctor: S. Cordially
Clinical presentation: Other preterm infants

Report:

C/O SCD FOR F/U

Abdominal Ultrasound

Findings:

Liver is normal in size measuring about (12.6 cm) in long axis with homogeneous echo pattern.
No focal mass lesion noted.
Biliary tree are not dilated with the CBD measuring about (3 mm).
The portal vein is normal.
Gallbladder is physiologically distended with echo-free lumen.
Wall is not thickened.
Both kidneys are normal in size and echo pattern with intact cortico-medullary junction.
No lithiasis or hydro nephrosis noted.

The visualized part of the pancreas is normal in size and echo pattern. No evident focal mass lesion noted.
Spleen is surgically removed.
Urinary bladder is well distended with clear lumen. No wall thickening.

Conclusion:

Normal study.
Splenuctomy.

Typed by: H. Darington, at: 12:02
Signed by: H. Darington, at: 12:03
Approved by: H. Darington, at: 12:03

الشكل 3.4: ملف التقرير الطبي EPR

لتقييم كفاءة الخوارزمية يتم حساب اربعة مقاييس حيث نقوم بتقييم جودة الصورة ذات العلامة المائية عن طريق حساب PSNR و SSIM وفق العادلتين (15.1)، (16.1) على التوالي، و لتقدير الخطأ في العلامة المائية المستخرجة نحسب معامل BER وفق المعادلة (21.1) ونحسب معامل NCC وفق المعادلة (20.1) لقياس التشابه بين Code QR الاصلي و Code QR المستخرج.

2.4 تحليل الاداء حسب معامل الادراج

يظهر الجدول 1.4 النتائج المتحصل عليها لمعاملات NCC و BER و PSNR و SSIM بدلالة تغير

معامل الادراج K.

جدول 1.4: النتائج المتحصل عليها لمعاملات NCC، BER، PSNR و SSIM بدلالة تغير معامل الادراج K.

		K				
		2	5	10	15	20
BER(%)	SCAN	35.4858	0	0	0	0
	US	15.1428	0	0	0	0
	XRAY	16.7847	0	0	0	0
	IRM	8.3801	0	0	0	0
NCC	SCAN	0.6968	1	1	1	1
	US	0.8499	1	1	1	1
	XRAY	0.8311	1	1	1	1
	IRM	0.9149	1	1	1	1
PSNR (dB)	SCAN	50.5184	48.8300	46.9606	44.3335	42.5273
	US	50.8762	48.9880	46.4138	44.1338	42.2198
	XRAY	52.1613	49.7302	46.6492	44.1357	42.1439
	IRM	46.7004	45.8218	44.1990	42.5543	41.0519
SSIM	SCAN	0.9995	0.9963	0.9901	0.9793	0.9656
	US	0.9991	0.9960	0.9892	0.9788	0.9650
	XRAY	0.9986	0.9946	0.9853	0.9711	0.9529
	IRM	0.9987	0.9964	0.9909	0.9826	0.9720

يتم حساب PSNR و SSIM بين الصورة الطبية الاصلية والصورة ذات العلامة المائية، اما NCC و BER يتم حسابه بين العلامة المائية الاصلية و المستخرجة.

نلاحظ ان قيمة $K=20$ تسمح باستخراج حمولة مفيدة متطابقة مع تلك المدرجة في الصور الطبية ($NCC=1$ و $BER=0$) مع PSNR متوسط يساوي 41.9857 و متوسط SSIM يساوي 0.963875، و لهذا سيتم تعيين القيمة 20 لعامل الادراج K لبقية عمليات المحاكاة.

3.4 تحليل عدم المرئية

يتم تحليل عدم المرئية على الصور الطبية الاربعة، للتحقق من كيفية ظهور تراجع في الصورة الطبية بعد ادراج البيانات.

صورة الماسح الضوئي
SCAN

صورة الرنين
IRM

صورة
US

صورة شعاعية
XRAY



الشكل 4.4: الصور الطبية ذات العلامة المائية ($K=20$)

كما يوضح الشكل 4.4 الصور ذات العلامات المائية لا تتأثر كثيرا بإدخال بتات الحمولة.

4.4 تحليل المتانة

لتحليل متانة وضع العلامات المائية على الصور الرقمية الطبية، نقوم بتجربة العديد من الهجمات الشائعة مثل الضغط JPEG، وضجيج الملح والفلفل (salt & papper) والضجيج غاوسي (bruit) (gaussien) والتقصيص وتعديل المدرج التكراري على الصور الطبية ذات العلامة المائية.

1.4.4 تحليل المتانة ضد هجمات JPEG

يستخدم JPEG بشكل عام لضغط الصور، مما يقلل من التخزين و عرض النطاق الترددي المطلوب للإرسال، ويبين الجدول 2.4 نتائج BER للصور الأربعة ذات العلامات المائبة والمضغوطة عن طريق تغيير عامل جودة الضغط، حيث نلاحظ ان قيمة BER تنخفض مع زيادة عامل الجودة.

يوضح الجدول 3.4 نتائج NCC للصور الأربعة ذات العلامات المائبة بتغيير معامل جودة الضغط، حيث نلاحظ ان قيمة NCC يزيد مع زيادة عامل الجودة.

نلاحظ انه بإمكاننا استخراج العلامة المائبة بطريقة صحيحة من اجل معامل جودة 70 فما فوق كما مبين في الشكل 5.4:



الشكل 5.4 : علامة مائبة لصورة فوق الامواج الصوتية
(US) ذو معامل جودة K=70

الجدول 2.4: تباين معدل الخطأ BER بناء على عامل جودة الضغط.

K صورة	50	60	70	80	90
SCAN	49.4690	12.8418	0.1709	0.0183	0
US	41.5588	7.3363	0.1099	0.0183	0
XRAY	41.9922	1.7273	0.0549	0	0
IRM	31.3232	6.2012	2.0325	0.0732	0.0183

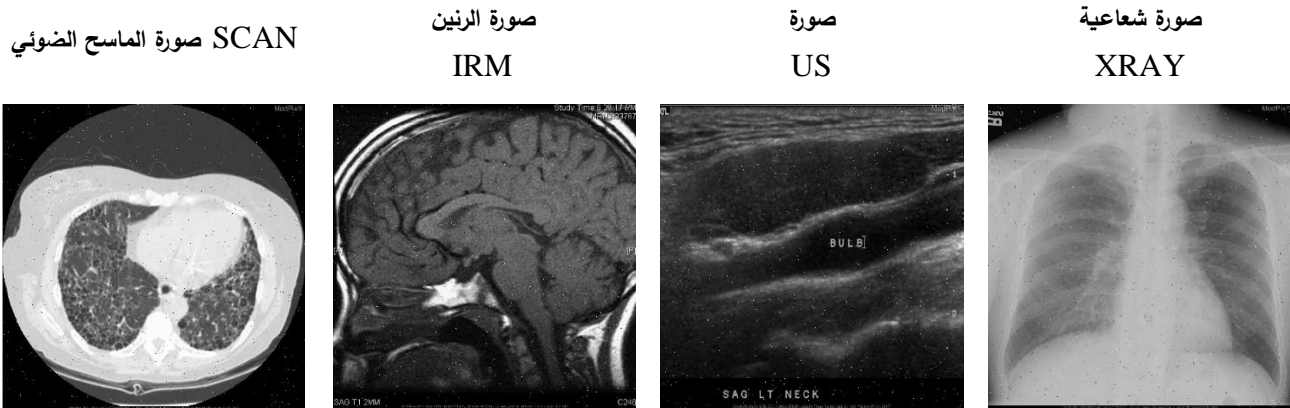
الجدول 3.4: تباين NCC بناء على عامل الضغط.

K صورة	50	60	70	80	90
SCAN	0.5869	0.8841	0.9982	0.9998	1
US	0.6192	0.9285	0.9988	0.9998	1
XRAY	0.6572	0.9819	0.9994	1	1
IRM	0.6926	0.9369	0.9791	0.9992	1

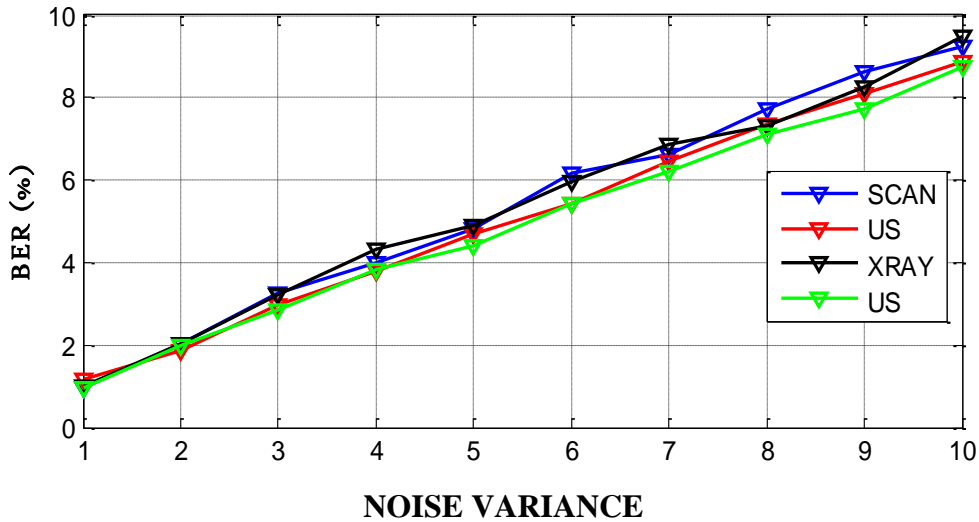
وفقاً للنتائج المتحصل عليها في الجدولين السابقين يمكن القول ان طريقة ادراج العلامة المائبة باستعمال تحويلة جيب التمام المتقطع DCT قادرة على تحمل ضغط JPEG للصورة الطبية.

2.4.4 تحليل المتانة ضد هجمات الضجيج

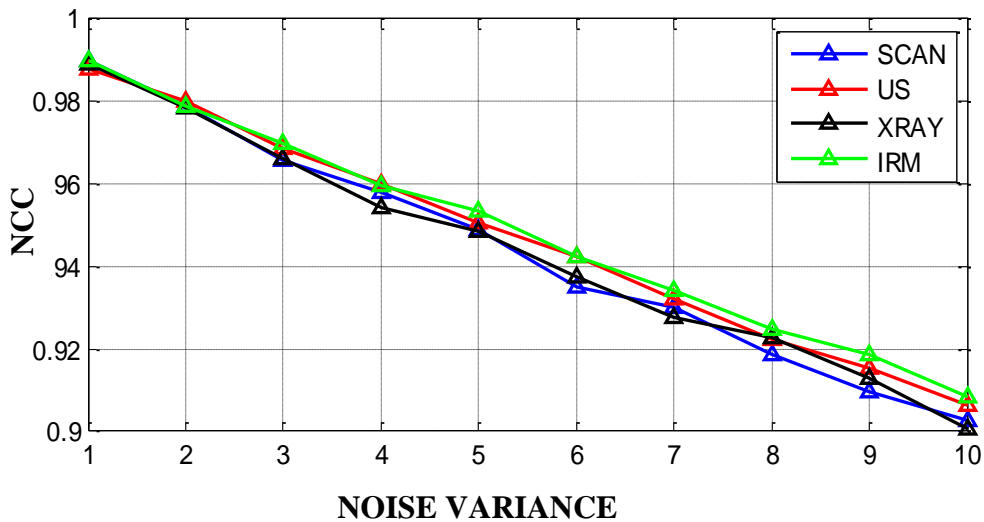
هجوم الضجيج هو عملية شائعة في هجمات الصور، ومن بين الضجيج الموجود هناك ضجيج الملح و الفلفل (salt & papper) و ضجيج غاوسي (bruit gaussien) كهجمات. حيث الصور الطبية التي تحمل العلامة المائية تخضع لضجيج الملح و الفلفل بقيم كثافة مختلفة تتراوح من 0.001 الى 0.01، ويبين الشكل 6.4 الصور الطبية ذات العلامة المائية مع ضجيج بكثافة تساوي 0.001.



الشكل 6.4: الصور الطبية ذات العلامة المائية بضجيج (salt&papper) مع $v=0.001$



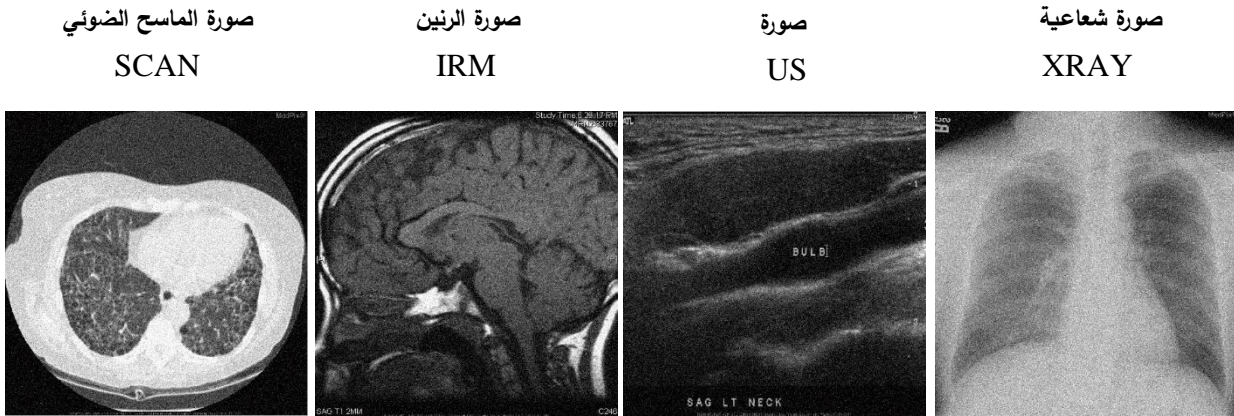
الشكل 7.4: تباين BER بناء على سعة الضجيج (salt & papper).



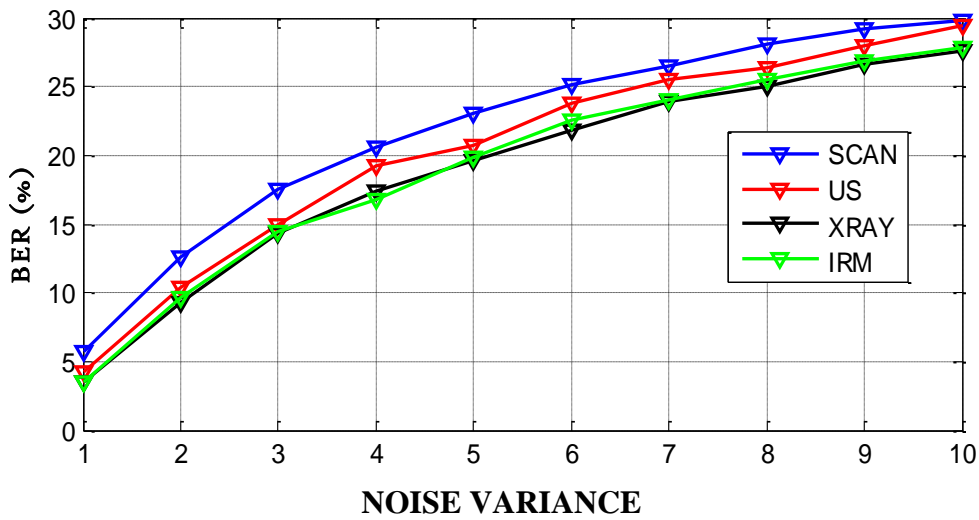
الشكل 8.4: تباين NCC بناء على سعة الضجيج (salt & papper).

يوضح الشكلان 7.4 و 8.4 تباين معدل BER ومعدل NCC بالنسبة لكثافة الضجيج (ملح و فلفل)، حيث نلاحظ انه يتم استخراج الحمولة مع معدل خطأ في البت BER يتراوح بين 1.02 و 9.03 و متوسط نسبة NCC تتراوح من 0.9 إلى 0.99 عندما تكون كثافة الضجيج تتراوح بين 0.001 و 0.01، ومن هذه النتائج نستطيع ان نقول ان طريقة إدراج العلامة المائبة مقاومة لضجيج الملح و الفلفل.

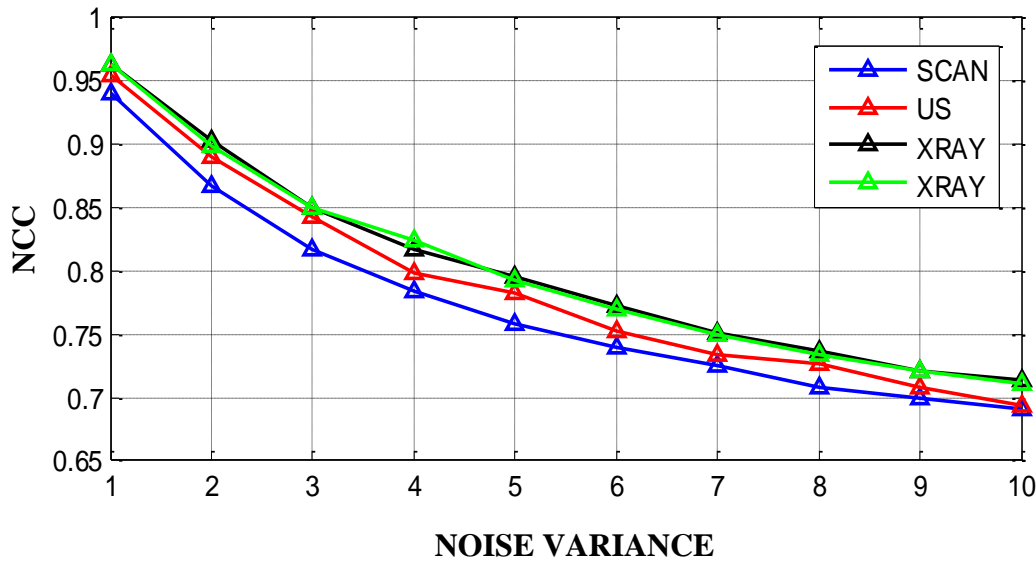
يبين الشكل الصور الاربعة ذات العلامة المائية بضجيج غاوسي (bruit gaussien) بمتوسط صفري و تباين يساوي 0.001.



الشكل 9.4: صورة طبية ذات علامة مائية بضجيج (bruit gaussien) مع $v=0.001$ و $m=0$



الشكل 10.4 : تباين BER حسب سعة الضجيج (bruit gaussien)



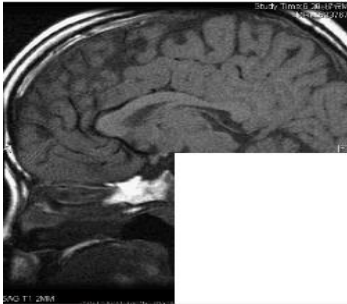

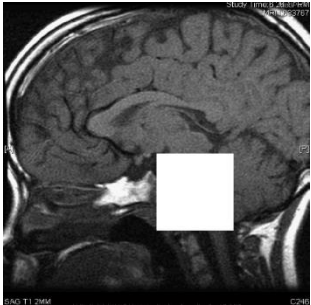

الشكل 11.4 : تباين NCC حسب سعة الضجيج (bruit gaussien)

يبين الشكلان 10.4 و 11.4 نتائج NCC و BER بعد هجمات الضجيج غاوسي (bruit gaussien) بتباين يتراوح بين 0.001 و 0.01 و متوسط صفري. حيث يمكننا ان نرى ان معدل BER يظل اقل من 30 وان نسبة NCC اكبر من 0.75 لنطاق تباين الضجيج بأكمله. لذا يمكننا القول ان الخوارزمية هي قوية ضد هذا النوع من الهجوم على الصور.

3.4.4 تحليل المتانة ضد هجمات التقصيص

تم حساب قيم BER لاختبار مقاومة صورة ذات علامة مائتية ضد هجوم التقصيص، حيث تم قص الصورة الطبية ذات العلامة المائتية بنسبة كما هو مذكور في الجدول 4.4. حسب النتائج التي تم الحصول عليها يمكننا القول ان طريقة ادراج العلامة المائتية قوية ضد هذا النوع من الهجمات.

الجدول 4.4 : NCC و BER لهجوم التقصيص

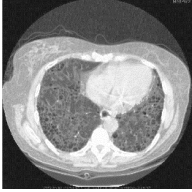

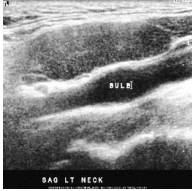



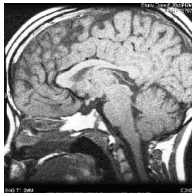

صورة للعلامة المائية مقصوفة	العلامة المائية المستخرجة	نسبة القص (%)	BER(%)	NCC
		25	14.4287	0.8754
		6.25	3.3569	0.9663

النتائج التي حصلنا عليها بعد تطبيق هجمات التقصيص على صورة الماسح الضوئي هي نفس النتائج في باقي الصور.

4.4.4 تحليل المتانة ضد هجوم تعديل المدرج التكراري

يمثل الجدول نتائج اختبار الصور الطبية ذات العلامة المائية ضد هجوم تعديل المدرج التكراري، وفقا للنتائج التي حصلنا عليها يمكننا ان نستنتج ان تقنية العلامة المائية قوية جدا ضد هجوم تعديل المدرج التكراري.

الجدول 5.4: BER وNCC لهجوم تعديل المدرج التكراري.

صورة العلامة المائية بعد تعديل المدرج التكراري	العلامة المائية المستخرجة	BER(%)	NCC
		0.3479	0.9903
		0.4639	0.9951
		0.7751	0.9919
		0.7568	0.9920

6.4.4 خاتمة

قمنا في هذا الفصل باختبار عدم المرئية لطريقة ادماج العلامة المائية للصور الطبية الرقمية المعتمدة على تقنية DCT ثنائية الابعاد، بالإضافة الى قياس المتانة من الهجمات الشائعة مثل ضغط JPEG، ضجيج الملح و الفلفل و ضجيج غاوسي و التقصيص وتعديل المدرج التكراري. وبناء على محاكاة الصور الطبية الاربعة المتمثلة في الصور الشعاعية (XRAY)، صور الماسح الضوئي (SCAN)، صور الرنين المغناطيسي (IRM) وصور الامواج فوق الصوتية (US)، يمكننا ان نستنتج ان هذه الطريقة تعتبر قوية الى حد ما ضد انواع الهجمات التي ذكرناها و بالتالي فهي فعالة في وضع العلامات على الصور الطبية.

الخاتمة العامة

في ظل التطورات السريعة في تكنولوجيا الاتصالات اصبحت حماية البيانات الطبية أمرا بالغ الأهمية لضمان الامان والمصادقية، تعد الصور الطبية من بين أهم البيانات الحساسة التي تحتاج الى حماية متقدمة.

في هذا البحث قمنا بدراسة تقنية العلامة المائية الرقمية للصور الطبية باستخدام تحويلة الجيب تمام المتقطع ثنائي الأبعاد (2D-DCT) لإدراج بيانات المرضى على شكل Code QR في أربع صور طبية بتدرج الرمادي وهي: صورة الأشعة السينية (XRAY)، صورة الرنين المغناطيسي (IRM)، صورة الامواج فوق الصوتية (US)، وصورة الماسح الضوئي (SCAN).

اخبترنا مدى عدم مرئية هذه الطريقة ومقاوماتها ضد الهجمات الشائعة مثل الضغط JPEG وضجيج (Salt & paper) وضجيج (Gaussien) وهجمات التقصيص وهجوم تعديل المدرج التكراري، وحسب النتائج التي تحصلنا عليها يمكننا القول ان طريقة ادراج العلامة المائية باستخدام تحويلة جيب تمام المتقطع ثنائية البعد قوية ضد انواع الهجمات المذكورة اعلاه.

المراجع

- [1]. **Tanaka Kiyoshi, Nakamura Yasuhiro et Matsui Kin.** "Embedding Secret Information into a Dithered- Multi level Image",IEEE Xplore, 1999.
- [2]. **Tirkel Andrew, Ron G. van Schyndel et G.A. Rankin.** "Electronic Watermark". Springer .1994.
- [3]. **Assad F.Qasim, Farid Meziane et Rob Aspin .**" Digital watermarking: Applicability for developing trust in medical imaging workflows state of the art review", Computer Science Review 45-60 : Elsevier Inc, 2018.
- [4]. **Seyed Mojtaba Mousavi , Alireza Naghsh et S. A. R. Abu-Bakar.** "Watermarking Techniques used in Medical Images : a survey", Journal of digital image, vol.27,pp. 714-729, Springer, 2014.
- [5]. **Yahya AL-Nabhani, et al., et al.** "Robust watermarking algorithm for digital images using discrete wavelet and probabilistic neural" , Journal of King Saud University- Computer and Information Sciences 27, 393-401 : Elsevier, 2015.
- [6]. **Saraju P.Mohanty, K.R. Ramakrishnan et Mohan Kankahalli.** "A Dual Watermarking Technique for Images". IEEE Xplore. 1999.
- [7]. **Rolf, Bardeli.** "watermarking and fingerprinting". Springer, 2018.
- [8]. **Behrouz Bolourian Haghghi, Amir Hossein Therinia et Reza Monsefi.** "An Effective Semi_fragile watermarking method for image authentication based on lifting..." : Springer Science+ Business Media, LCC , part of Springer Nature, 2020.
- [9]. **P. Bas , J. M. Chassery et B. Macq.** "Image watermarking: an evolution to content based approaches", Pattern Recognition 35. 545-561 : Pergamon, 2002.
- [10]. **Preeti Garg et R.Rama Kishore.** "Performance comparison of various watermarking technique",Multimedia Tools and Applications Vol 79.p 25921-25967 : Springer Nature, 2020.
- [11]. **Thilagavathi N, et al., et al.** "A survey of reversible watermarking techniques application and attacks",IEEE. 2015.

- [12]. **N. Niolaidis et I. Pitas.**" Robust image watermarking in the spatial domain", Signal Processing 66, 385-403 : Elsevier Science, 1998.
- [13]. **Abdullah Bamatraf, Rosziati Ibrahim et Mohd.Najib B. Mohd Salleh.** "Digital watermarking algorithm using LSB" IEEE Xplore, 2010.
- [14]. **Zhang Wenyin et Frank Y. Shih.** "Semi_fragile spatial watermarking based on local binary pattern operators" , optics Communication 284, 3904-3912: Elsevier, 2011.
- [15]. **Zhicheng Ni, et al., et al.** "Reversible date hiding", IEEE transactions on circuits and systems for video technology, Vol. 16 ,No.3, 2006.
- [16]. **Sajeer M et Ashutosh Mishra.**" A Robust Hybrid digital Approach Using DCT_Fast Rsvd for Medical And Non_edical application", IEEE 6Th Conference on information and communication technology (CICT), 1-6, 2022.
- [17]. **Namita Agarwal , Amit Kumar Singh et Paradeep Kumar Singh.** "Survey of robust and imperceptible watermarking", Multimedia Tools and Applications 78:8603-8633 : Springer Nature, 2019.
- [18]. **Awanish Kr Kaushik.** "A Novel Approach for Digital Watermarking of an Image Using DFT", International journal of electronics and computer science engineering 35 ISSN-2277-1956, 2012.
- [19]. **Ningombam Jimson et K. Hemachandran.** "DFT based coefficient exchange digital image watermarking", Second international conference on intelligent computing and control systems (ICICCS),567-571 : IEEE, 2018.
- [20]. **Potdar, Vidyasagar M., Han, Song et Chang, Elizabeth.** "A survey of digital image watermarking technique", 3rd IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 2005.
- [21]. **J.J.K. O Ruanaidh , W.J. Dowling et F.M. Boland.** "Phase Watermarking of digital images", IEEE international conference on image processing P 239-242, 1996.
- [22]. **Z.J. XU, Z.Z. Wang et Q. Lu.** "Research on image watermarking algorithm based on DCT", Procedia environmental sciences 10, 1129-1135 : ScienceDirect, 2011.

- [23]. **Rohit M. Tanki, Vedvyas J. Dwivedi et Komal R. Borisagar.** "Multibiometric watermarking with compressive sensing theory", Signal and Communication Technology: Springer, 2018.
- [24]. **Preeti Arya , Dherendra Singh Tomar et Deepika Dubey.** " A review on different digital watermarking technique", Multimedia Tools and Applications 79: 25921-25967 :international journal of signal processing, 2015.
- [25]. **Falgum N. Thakkar et Vinay Kumar Srivastava.** "A blind medical image watermarking", Multimed Tools Appl 76:3669-3697 : springer, 2017.
- [26]. **Bhadari, Kunal, mitra, Suman K. et Jadhav, Ashish.** "A aybrid approach to digital image watermarking using singular vlue decomposition and spread spectrum" , Dhirubhai ambani institute of information and communication technology ,LNSC 3776, 447-452 :Springer, 2005.
- [27]. **Ze_Nian Li, Mark S. Drew et Jiangchuan Liu.** "Fundamentals of Multimedia", Texte in Computer science: Springer, 2021.
- [28]. **Christof, Kauba et Uhl, Andreas.** "Robustness evaluation of hand vien recognition systems" : IEEE Xplore, 2015.
- [29]. **Yamping Zhang, et al., et al.** "Reserch on embedding cpacity and efficiency of information hiding based on digital images", International journal of Intelligence science, 3,77-85: SciRes, 2013.
- [30]. **Zahou Wang , et al., et al."** Image quality assessment: From error visibility to structural similarity", IEEE Transactions On Image Processing, Vol.13, No.4, 2004.
- [31]ⵓ. **Khadija Gourrame, et al., et al.** "Robust print_cam image watermarking in fourier domain" Image and signal processing : 7th International confernce 7, 356-365: springer, 2016.
- [32]. **K Prabha et I shatheesh Sam.** "Robust color image watermrking by lliptical phase modification based on walsh hadamard transform and triangular vertex transform", Sadhana 46: 38 : Idian Academy of science , 2021.
- [33]. **C.B and S.P ."** An Overview on Image Processing Techniques". ScienceDirect. 2014.

• [34]. <https://marefa.org>. معالجة الصور الرقمية. معرفة

- [35]. **ابتهال هاشم الخليفة, الاء رمضان سليمان و هانم احمد صالح**. بحث لمشروع تخرج مطلوب لنيل درجة بكالوريوس الشرف في هندسة البرمجيات , نظام الحضور بالتعرف على الوجه :جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا. 2014 .
- [36]. **الحمادي خالد** . علم الاشعة التشخيصية : مكتبة النهضة.2020 .
- [37]. **القحطاني و يوسف**. التقنيات المتقدمة في التصوير الطبي : دار الحرف العربي.2017 .
- [38]. **النجار,محمد** .اساسيات التصوير الطبي : دار الثقافة العلمية.2018 .
- [39]. **فناد et عماد**. التصوير الطبي الحديث : دار النشر للعلوم الطبية 2019 .
- [40]. **ن.الالمعي** .ما هي الصور الرقمية.2012. <https://nabeel.it> .
- [41]. **Parah, Shabir A., et al., et al.** "Information hiding in medical images: a robust medical image watermarking system for E-healthcare." *multimed Tools Appl* 76:10599-10633 : Springer S+B, 2015.
- [42]. **F.A.P.Petitcolas et R.J.Anderson and Markus G.kuhn**. "Information Hiding- A Survey ", *Proceedings of the IEEE*, Vol.87. NO. 7, 1999.
- [43]. **Wave, Denso**. QR code features. 2012.