



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا للأساتذة التعليم التكنولوجي - سكيكدة -



قسم التكنولوجيا
التخصص: هندسة كهربائية

مذكرة التخرج لنيل شهادة أساتذ التعليم الثانوي

دمج طرق التشفير بالانظمة الفوضوية و العلامات المائية
لحماية الصور الطبية

من إعداد

بوعروج أيمن

ورتاني زكرياء

تحت إشراف الأستاذة : بلاسكة نوال

لجنة المناقشة

م.ع.أ.ت.ت.س.سكيكدة	رئيسا	مناقشا	مذاش شافية
م.ع.أ.ت.ت.س.سكيكدة	مؤطرا	مناقشا	مذاش شافية
م.ع.أ.ت.ت.س.سكيكدة	مناقشا	مناقشا	مذاش شافية

السنة الجامعية : 2025/2024

شكر و تقدير

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله ربّ العالمين، والسلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين،
ومن ترحمهم بإحسان إلى يوم الدين.

أما بعد،

فإنه من تمام النعمة وكمال الفضل أن يُيسر الله لعبده ختام مرحلة علمية من مسيرته، وإننا لنحمد الله حمداً كثيراً طيباً مباركاً فيه، على ما أنعم به علينا من التوفيق والسداد، وأعاننا على إتمام هذا العمل المتواضع. له الحمد في الأولى والآخرة، وله الشكر كلّ، بيده الخير كلّ، وهو أهلُّ الحمد والثناء، نسأله سبحانه أن يتقبل هذا الجهد، ويجعله خالصاً لوجهه الكريم، وأن ينفع به كل من أطلع عليه وتلقاه بقلبه سليم.

وبكل محبة وتقدير، نتوجه بخالص الشكر والامتنان لمشرفتنا الفاضلة الأستاذة نوال بلاسكة، التي لم تبخل علينا بعلمها وتوجيهها ودعمها المتواصل. لقد كانت ملاحظاتها الدقيقة ونصائحها القيمة نبراساً لنا طوال فترة إعداد هذا البحث، فجزاها الله عنا خير الجزاء، وبارك في علمها وعملها.

كما نخص بالشكر والتقدير السادة أعضاء لجنة المناقشة الأفاضل، الذين شرفونا بقبولهم مهمة تقييم هذا العمل، فشكراً لهم على وقتهم الثمين وجهدهم الكريم في قراءة هذا البحث وتقديم ملاحظاتهم السديدة.

ولا يسعنا في هذا المقام إلا أن نعبر عن بالغ امتناننا لكل أساتذتنا الكرام، وخاصة أساتذة قسم التكنولوجيا، الذين كانت لهم بصمة واضحة في تكويننا الأكاديمي وتوسيع مداركنا العلمية. فكل من علمنا حرفاً، أو دلّنا على طريق، جزيل الشكر والتقدير.

وأخيراً، وبقلوبه يملؤها الامتنان، نتوجه بالشكر لكل من ساندنا من قريب أو بعيد، لكل من قدّم لنا دعماً أو دعاء، ولكل من كان له أثر - ولو خفي - في إتمام هذا العمل.

اهداء

إلى من لا تطيب البدايات ولا تكتمل النهايات إلا بذكره،
إلى الله سبحانه وتعالى، المنعم المتفضل، الذي علّمني ما لم أكن أعلم، وأعانني ووفّقني، فله
الحمد أولاً وأخراً، ظاهراً وباطناً

إلى أمي الحبيبة، نبع الحنان، وسند القلب، التي كانت دعواتها نور طريقي، ورضاها سر
بركتي، فلك مني كل الامتنان والمحبة

إلى أبي الغالي، القدوة والداعم الأول، الذي علّمني معنى الثبات والعطاء، وزرع في قلبي
الإصرار، جزاك الله عنّي كل خير

إلى إخوتي الأحباء، رفاق الدرب وأهل الروح، الذين كانوا دوماً سنداً لي في كل مراحل
حياتي، دعمكم لا ينسى، وحبكم لا يُقدّر بثمن

إلى أصدقائي الذين شاركوني الطريق، وكانوا الضوء في أوقاتي المعتمة، والبسمة في أيام
التعب:

أيمن، محبّة، مهدي، هيثم، طارق، إلياس

لكم في قلبي مكان لا يزول، ولذكرياتنا سطور لا تُمحى. شكراً على كل لحظة صدق، وكل
دعم كنتم فيه العون بعد الله

إلى كل من كان له أثر جميل في مسيرتي، أهدي هذا العمل المتواضع، عربون شكر وامتنان،
ودعاء أن يجمعنا الله دائماً على الخير والمحبة.

ذكرياء

اهداء

الحمد لله اولا واخرا وشكر لله ضاهرا وباطنا اما بعد لا يشكر الله من لا يشكر الناس.
اتقدم بجزيل الشكر لله اولا ثم لوالدائي الذان رباني ووصلت بسببهما الي ما انا عليه ابي
العزير حفظه الله ،
امي الفاضلة احسن الله اليها ثم اخي معاذ وفقه الله هو وبقية اخوتي ثم لكل من علمني ولو
حرفا من الابتدائية الي يومنا هذا والى اساتذة المدرسة العليا واستاذتنا المؤطرة اهدي
تحياتي وشكري وتقديري على مرافقتها لنا طيلة فترة كتابة المذكرة
واحبي زميلي ومرافقي زاكي و الياس و هيثم و مكاري وكل من كان له فضل بعد فضل
الله تعلم فليس المرء يولد عالما ولا يستوي الذين يعلمون والذين لا يعلمون
اسأل الله ان يبارك في الجميع ويجزيهم خير الجزاء وصلى الله على نبينا محمد صلى الله عليه
وسلم وعلى اله وصحبه وسلم .

ايمن

الملخص

في ظل التطور الكبير في تكنولوجيا المعلومات والطب الرقمي، أصبحت الصور الطبية من أهم البيانات الحساسة التي يتم تداولها عبر الشبكات لتشخيص المرضى عن بُعد أو لمشاركة المعرفة بين المختصين. هذا ما يجعل حماية هذه الصور من التلاعب أو السرقة أولوية قصوى، خاصةً مع التحديات الأمنية المتزايدة في بيئة الإنترنت المفتوحة.

يُعتمد على خصائص الفوضى مثل الحساسية الكبيرة للشروط الابتدائية واللاخطية لتوليد مفاتيح تشفير قوية وغير قابلة للتنبؤ. تُستخدم خرائط فوضوية مثل Logistic Map أو Chen System لتشفير الصورة، مما يجعل استرجاع الصورة الأصلية دون المفتاح أمرًا شبه مستحيل.

الصور الطبية هي تمثيلات رقمية أو ورقية لأجزاء من جسم الإنسان، يتم الحصول عليها باستخدام تقنيات تصوير مختلفة، بهدف تشخيص الأمراض، مراقبة تطورها، أو التخطيط للعلاج الجراحي والطبي.

لتشفير العلامة المائية نستعمل الخريطة الخيمة وهي نظام رياضي فوضوي يتميز بالحساسية الكبيرة للشروط الابتدائية والعشوائية العالية، مما يجعلها مناسبة لتوليد مفاتيح تشفير يصعب التنبؤ بها. يتم أولاً تشفير العلامة المائية اعتمادًا على الخريطة الخيمة، حيث تُحوّل المعلومات مثل شعار المؤسسة أو رقم المريض إلى شكل مشفر لا يمكن فهمه إلا باستخدام المفتاح المناسب. بعد ذلك، تُدمج العلامة المائية المشفرة داخل الصورة الطبية بطريقة غير مرئية و ذلك باستعمال جيب التمام المتقطع DCT .

كلمات مفتاحية : العلامة المائية ، الخرائط الفوضاوية ، الصور الطبية ، خريطة الخيمة ، جيب التمام المتقطع ، DCT ، LOGISTIC MAP .

Résumé

Avec le grand développement des technologies de l'information et de la médecine numérique, les images médicales sont devenues l'une des données les plus sensibles échangées à travers les réseaux, que ce soit pour diagnostiquer les patients à distance ou pour partager les connaissances entre spécialistes. Cela rend la protection de ces images contre toute manipulation ou vol une priorité absolue, surtout face aux défis de sécurité croissants dans l'environnement ouvert d'Internet.

Les propriétés du chaos, telles que la grande sensibilité aux conditions initiales et la non-linéarité, sont utilisées pour générer des clés de chiffrement puissantes et imprévisibles. Des cartes chaotiques comme la Logistic Map ou le système de Chen sont utilisées pour chiffrer l'image, rendant la récupération de l'image originale sans la clé presque impossible.

Les images médicales sont des représentations numériques ou papier de parties du corps humain, obtenues à l'aide de diverses techniques d'imagerie, et utilisées pour diagnostiquer des maladies, suivre leur évolution ou planifier des traitements médicaux ou chirurgicaux.

Pour chiffrer le tatouage numérique, on utilise la carte tente (Tent Map), un système mathématique chaotique caractérisé par une grande sensibilité aux conditions initiales et un haut degré d'aléa, ce qui la rend adaptée à la génération de clés de chiffrement difficilement prévisibles. Le tatouage numérique, contenant par exemple le logo de l'établissement ou un identifiant patient, est d'abord chiffré à l'aide de cette carte, puis intégré de manière invisible dans l'image médicale à l'aide de la transformée en cosinus discrète (DCT), sans affecter la qualité de l'image.

Mots-clés :

Tatouage numérique, cartes chaotiques, images médicales, carte tente, transformée en cosinus discrète, DCT, Logistic Map

Summary

With the rapid advancement in information technology and digital medicine, medical images have become among the most sensitive types of data exchanged over networks, whether for remote patient diagnosis or for knowledge sharing among specialists. This makes protecting such images from tampering or theft a top priority, especially given the growing security challenges in the open Internet environment.

Chaotic systems, with properties such as high sensitivity to initial conditions and non-linearity, are used to generate strong and unpredictable encryption keys. Chaotic maps like the Logistic Map or Chen System are commonly used to encrypt images, making it nearly impossible to recover the original image without the appropriate key.

Medical images are digital or printed representations of parts of the human body, obtained using various imaging techniques. They are used to diagnose diseases, monitor their progression, or plan medical and surgical treatments.

To encrypt the watermark, the Tent Map is employed — a chaotic mathematical system known for its high sensitivity to initial conditions and strong randomness, making it suitable for generating robust encryption keys. The watermark, which may include institutional logos or patient identifiers, is first encrypted using the Tent Map, then invisibly embedded into the medical image using the Discrete Cosine Transform (DCT), ensuring data confidentiality without compromising image quality.

Keywords:

Watermarking, chaotic maps, medical images, Tent Map, Discrete Cosine Transform, DCT, Logistic Ma

الفهرس

.....	شكر و تقدير
.....	اهداء
.....	ملخص
.....	Summary
.....	Résumé
.....	الفهرس
.....	.
.....	قائمة الاشكال
.....	قائمة الجداول
.....	قائمة الاختصارات
2.....	المقدمة العامة

الفصل الأول: مقدمة حول العلامات المائية لصور

4.....	1.1 مقدمة
4.....	2.1 تاريخ العلامات المائية
4.....	3.1 مميزات نظام العلامات المائية
5.....	4.1 المكونات الأساسية لنظام العلامات المائية الرقمية
5.....	1.4.1 انشاء العلامات المائية الرقمية
6.....	2.4.1 ادماج العلامات المائية
6.....	3.4.1 استخراج العلامات المائية
7.....	5.1 تصنيف أنظمة العلامات المائية

8	1.5.1 نوع المستند.....
8	2.5.1 مجال الادراج.....
8	3.5.1 المرئية.....
8	4.5.1 تقنيات ادراج العلامات المائية.....
8	5.5.1 تقنيات استخراج العلامات المائية.....
8	6.5.1 قابلية الاسترجاع.....
9	6.1 تقنيات ادراج العلامات المائية في الصور.....
9	1.6.1 تقنيات الادراج في المجال المكاني.....
9	1.1.6.1 طريقة البت الأقل أهمية LSB.....
9	2.1.6.1 طريقة النموذج الثنائي المحلي LBP.....
9	3.1.6.1 طريقة تعديل المدرج التكراري.....
10	2.6.1 التقنيات المستعملة في مجال التحويلات.....
10	1.2.6.1 تحويلة فورييه المتقطعة DFT.....
11	2.2.6.1 تحويلة جيب تمام المتقطعة DCT.....
12	3.2.6.1 تحويلة النموذج المتقطع DWT.....
12	4.2.6.1 تحليل القيم المنفردة SVD.....
12	7.1 الهجمات المطبقة على أنظمة العلامات الرقمية المائية.....
12	1.7.1 هجمات الحذف.....
12	1.1.7.1 ضغط JPEG.....
12	2.1.7.1 الترشيح المتوسط.....
14	3.1.7.1 الضجيج.....
14	4.1.7.1 الوضوح.....
14	2.7.1 الهجمات الهندسية.....
14	1.2.7.1 الدوران.....
14	2.2.7.1 الازاحة.....

14.....	2.3.7.1	تغير الحجم
15.....	3.7.1	هجمات التشفير
15.....	8.1	مقاييس تقييم أداء خوارزميات العلامة المائية للصور
15.....	1.8.1	مؤشرات عدم المرئية
15.....	1.1.8.1	مؤشر الذروة بين الإشارة و الضجيج
16.....	2.1.8.1	مؤشر التشابه الهيكلي
17.....	2.8.1	قياس المتانة
17.....	1.2.8.1	معامل الارتباط المتبادل
17.....	2.2.8.1	نسبة خطأ البت BER
17.....	9.1	الخاتمة

الفصل الثاني: عموميات حول التشفير بالانظمة الفوضاوية

19.....	1.1	مقدمة
19.....	1.2	لمحة تاريخية حول علم التشفير
20.....	3.2	مفاهيم التشفير الأساسية
20.....	1.3.2	تعريف التشفير
20.....	2.3.2	مفتاح التشفير
21.....	3.3.2	اليات التشفير
22.....	4.2	الأنظمة الفوضاوية
22.....	1.4.2	نبذة تاريخية عن الأنظمة الفوضاوية
23.....	2.4.2	تعريف علم الفوضى
23.....	3.4.2	خصائصها
23.....	1.3.4.2	الحساسية للظروف الأولية
24.....	2.3.4.2	غير خطي

24.....	3.3.4.2 عدم القدرة على التنبأ
25.....	4.3.4.2 العشوائية
25.....	5.3.4.2 الغرابة
26.....	4.4.2 الفرق بين الفوضى والعشوائية
26.....	5.4.2 امثلة عن الأنظمة الفوضوية
26.....	1.5.4.2 في الزمن المستمر
27.....	2.5.4.2 في الزمن المتقطع
27.....	6.4.2 الخرائط الفوضوية
27.....	1.6.4.2 الخرائط اللوجستية
28.....	2.6.4.2 خريطة ارنولد
29.....	5.2 التشفير باستعمال الأنظمة الفوضوية
29.....	1.5.2 تقنيات التشفير الفوضوي
29.....	1.1.5.2 تشفير فوضوي تماثلي
30.....	2.1.5.2 تشفير الفوضى الرقمي
31.....	2.5.2 الخريطة اللوجستية ثنائية الابعاد
31.....	1.2.5.2 التعريف الرياضي
32.....	2.2.5.2 التعقيد
33.....	3.5.2 تشفير الصور باستعمال الخرائط اللوجستية
35.....	1.3.5.2 جدول المفاتيح ومولد تسلسل الخريطة اللوجستية ثنائية الابعاد
35.....	2.3.5.2 الخلط والانتشار
37.....	6.2 قياس أداء خوارزمية التشفير
37.....	1.6.2 المدرج التكراري
37.....	2.6.2 معامل الارتباط
38.....	3.6.2 الانتروبيا
38.....	4.6.2 تحليل حساسية مفتاح التشفير

39..... 7.2 الخاتمة

الفصل الثالث: عموميات حول الصور الطبية

41..... 1.3 مقدمة

42..... 2.3 معالجة الصور الرقمية

42..... 1.2.3 مراحل نظام معالجة الصور الرقمية الطبية

43..... 2.2.3 المعالجة المبدئية

43..... 3.2.3 كشف حواف الصور

43..... 4.2.3 ترشيح الصور الرقمية

44..... 1.4.2.3 مرشحات التميرير العالي

44..... 2.4.2.3 مرشحات التميرير المنخفض

44..... 5.2.3 تنعيم الصور

44..... 6.2.3 التحسين بالألوان

45..... 7.2.3 تحسين الإضاءة في الصور

45..... 3.3 أنواع الصور الطبية

46..... 1.3.3 التصوير الاشعاعي (X RAY)

47..... 2.3.3 التصوير بالموجات فوق الصوتية (US)

47..... 3.3.3 التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)

48..... 4.3.3 تصوير الماسح الضوئي (SCAN)

48..... 4.3 الأنماط الشائعة لملفات الصور الطبية

50..... 5.3 تشكيل الصور الرقمية حاسوبيا

52..... 6.3 خاتمة

الفصل الرابع: دمج طرق التشفير والعلامات المائية لحماية الصور الطبية

54..... 4 مقدمة

54..... 1.4 مقدمة عن تشفير الصور

54..... 2.4 خريطة الخيمة

55.....	1.2.4 تعريفها
56.....	2.2.4 خصائص خريطة الخيمة
56.....	3.2.4 استخدام الخريطة الخيمة لتشفير الصور الرقمية
57.....	4.2.4 مثال مبسط
59.....	3.4 تحويل الجيب التمام المتقطع
60.....	4.4 مبدا عمل خورزميات ادراج العلامة المائية
63.....	5.4 خاتمة

الفصل الخامس: محاكات ونتائج

65.....	1.5 مقدمة
67.....	2.5 تحليل الهيستوغرام
68.....	3.5 تحليل معامل الارتباط
68.....	4.5 تحليل الانتروبيا
69.....	5.5 تحليل حساسية المفتاح
70.....	6.5 تحليل الأداء حسب معامل الادراج
73.....	7.5 تحليل عدم المرئية
73.....	8.5 تحليل المتانة
73.....	1.8.5 تحليل المتانة ضد هجمات JPEG
75.....	2.8.5 تحليل المتانة ضد هجمات الضجيج
79.....	9.5 تحليل المتانة ضد هجمات تعديل المدرج التكراري
82.....	10.5 خاتمة
85.....	خاتمة عامة

قائمة الاشكال

- الشكل 1.1: مثلث التوفيق بين الخصائص الأساسية للعلامة المائية 5
- الشكل 2.1 : عملية انشاء العلامة المائية الرقمية 7
- الشكل 3.1: مخطط تصنيف أنظمة العلامة المائية 7
- الشكل 4.1: تحليل الموجات للصورة (3 k) 12
- الشكل 1.2: المفتاح المتماثل والغير متماثل 20
- الشكل 2.2: مبادئ نظام التشفير 21
- الشكل 3.2: تطور نظام لورنز 24
- الشكل 4.2: شكل منحنيات نظام لورنز 25
- الشكل 5.2: جانب غريب لنظام روسار 27
- الشكل 6.2: يمثل مسار الخريطة اللوجستية ثنائية الابعاد 31
- الشكل 7.2: مخطط التفريغ للخريطة اللوجستية احادية البعد 32
- الشكل 8.2: الرسم التخطيطي لطريقة تشفير الصورة المقترحة 34
- الشكل 1.3: مختلف أنواع الصور الطبية المستعملة 46
- الشكل 2.3: جهاز التصوير الاشعاعي 46
- الشكل 3.3: جهاز التصوير بالموجات فوق صوتية 47
- الشكل 4.3: جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي 47
- الشكل 5.3: DICOM 48
- الشكل 6.3: JPEG 48
- الشكل 7.3: PNG 49
- الشكل 8.3: TIFF 49
- الشكل 9.3: صورة توضيحية للبيكسل 50
- الشكل 1.4: شكل الخريطة الخيمة الفوضاوية 55

- الشكل 2.4: الترددات في تحويلة الجيب تمام المنقطعة ثنائي الابعاد 59
- الشكل 3.4: مصفوفة DCT 8*8 ذات 64 معامل 60
- الشكل 4.4: مخطط الخوارزمية المستخدمة لادراج البيانات 62
- الشكل 1.5: الصور الطبية بالتدرج الرمادي 65
- الشكل 2.5: العلامة المائية على شكل Cod QR 66
- الشكل 3.5: ملف التقرير الطبي 66
- الشكل 4.5: الفرق بين مختلف العلامات المائية الرقمية المتحصل عليها 67
- الشكل 5.5: تحليل الهيستوغرام للنتائج المحصل عليها 67
- الشكل 6.5: تحليل حساسية المفتاح 69
- الشكل 7.5: تحليل حساسية المفتاح بعد فك التشفير 70
- الشكل 8.5: منحنى PNSR بدلالة معامل الادراج 71
- الشكل 9.5: منحنى SSIM بدلالة المعامل K 71
- الشكل 10.5: منحنى معامل BER بدلالة K 72
- الشكل 11.5: منحنى معامل NCC بدلالة K 72
- الشكل 12.5: الصور الطبية بعد ادراج العلامة المائية 73
- الشكل 13.5: جودة العلامة المائية للصورة الاشعة XRAY معامل جودة فوق 70 ... 74
- الشكل 14.5: تغير قيم BER بدلالة معامل الجودة 74
- الشكل 15.5: تغير معامل NCC بدلالة معامل الجودة 75
- الشكل 16.5: صور خاضعة لضجيج الملح و الفلفل 76
- الشكل 17.5: منحنى تغير قيمة BER بناء على سعة ضجيج الملح و الفلفل 76
- الشكل 18.5: تباين NCC بناء على سعة ضجيج الملح و الفلفل 77
- الشكل 19.5: صورة خاضعة لضجيج غوسي بتباين 0,001 78
- الشكل 20.5: تباين BER بدلالة سعة الضجيج 78
- الشكل 21.5: تباين NCC بدلالة سعة الضجيج الغوسي 79

قائمة الجداول

- الجدول 1.2: تحليل تعقيد الأنظمة الفوضوية 33
- الجدول 1.3: مصفوفة توضح تركيب الصورة الرمادية 51
- الجدول 2.3: مصفوفة توضح تركيب الصورة الرمادية 51
- الجدول 3.3: صورة ملونة على شكل مصفوفة ثلاثية 52
- الجدول 1.5: معامل الارتباط للصورة الرمادية 68
- الجدول 2.5: نتائج تحليل الانتروبيا 68
- الجدول 3.5: تحليل المتانة ضد هجمات تعديل المدرج التكراري 80
- الجدول 4.5: تحليل المتانة ضد هجمات الترشيح المتوسط 81

جدول الاختصارات :

الاختصار	الاصل	الترجمة العربية
Lsb	least significant bit	البت الاقل اهمية
msb	Most significant bit	البت الاكثر اهمية
Lbp	Local binary pattern	النموذج الثنائي المحلي
DFT	Discrete Fourier Transform	تحويل فورييه المنقطع
DCT	Discrete Cosine Transform	تحويل جيب التمام المنقطع
DWT	Discrete Wavelet Transform	تحويل التموج المنقطع
SVD	Singular Value Decomposition	تحليل القيم المنفردة
PSNR	Peak Signal-to-Noise Ratio	مؤشر الذروة لاشارة الضجيج
SSIM	Structural Similarity Index Measure	مؤشر التشابه الهيكلي
NCC	Normalized Cross-Correlation	مؤشر الارتباط التبادلي
BER	Bit Error Rate	معدل خطأ البت
ER	Error Rate	معدل الادراج
MSE	Mean Square Error	الخطا المتوسط التربيعي
ACM	Arnold Cat Map	خريطة ارنولد
2-D	Two-Dimensional	ثنائي الابعاد
NPCR	Number of Pixels Change Rate	معدل تغيير عدد النقاط الصورية
UACI	Unified Average Changing Intensity	معدل التغيير الموحد للكثافة اللونية
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine	التصوير الرقمي و الاتصالات 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
QR CODE	Quick Response Code	رمز الرد السريع
TM	Tent map	الخريطة الخيمة

المقدمة العامة

المقدمة العامة

مع التطور الكبير في تقنيات التصوير الطبي وتبادل الصور عبر الشبكات الرقمية، أصبحت الحاجة ملحة لتطوير آليات فعالة تضمن سرية وسلامة هذه الصور، وتحميها من التلاعب أو الوصول غير المصرح به. تُعتبر الصور الطبية، مثل الأشعة السينية والرنين المغناطيسي والتصوير الطبقي المحوري، معلومات حساسة تتعلق بخصوصية المريض، وأي اختراق لها قد يؤدي إلى عواقب أخلاقية وقانونية خطيرة.

لتحقيق هذا الهدف، بدأ الباحثون في استكشاف تقنيات متقدمة تجمع بين التشفير والعلامات المائية، مستفيدين من خصائص الأنظمة الفوضوية، التي تتمتع بقدرات عالية على توليد إشارات عشوائية وشبه عشوائية يصعب التنبؤ بها، مما يعزز من مستوى الأمان.

تُستخدم الأنظمة الفوضوية في توليد مفاتيح تشفير حساسة للغاية تعتمد على الشروط الابتدائية، مما يجعل عمليات التخمين أو الهجوم أكثر صعوبة. في الوقت نفسه، تساهم تقنية العلامات المائية في تضمين معلومات سرية، مثل رقم الهوية أو توقيع المستشفى، داخل الصور الطبية بشكل غير مرئي. تظل هذه المعلومات مرتبطة بالصورة حتى بعد عمليات التحويل أو الإرسال، مما يسهل التحقق من الملكية والأصالة.

إن دمج هاتين التقنيتين يوفر إطاراً قوياً لحماية الصور الطبية من حيث السرية والنزاهة والمصادقة. هذا المجال البحثي النشط يهدف إلى تعزيز أمن المعلومات الطبية في بيئات تعتمد بشكل متزايد على الاتصالات الرقمية والتخزين السحابي. ويتكون هذا البحث من :

الفصل الأول : يتحدث عن العلامات المائية الرقمية و خصائصها و طرق ادراجها.

الفصل الثاني : في هذا الفصل تحدثنا عن طرق التشفير و التشفير باستعمال الانظمة الفوضوية ، و بعض من الخرائط الفوضوية الاكثر استعمالا.

الفصل الثالث : يتحدث هذا الفصل عن الصور الطبية و انواعها وخصائصها .

الفصل الرابع : يتحدث عن دمج طرق التشفير بالانظمة الفوضوية باستعمال خريطة الخيمة و العلامات المائية و كيفية ادراجها باستعمال تحويلة جيب التمام المنقطع .

الفصل الخامس : اختبار للنظام الكلي بدأ بطريقة التشفير المستعملة و طريقة الادراج

الفصل الأول :

مقدمة حول العلامات المائية
للصور

1.1 المقدمة

ان استخدام الوسائط الرقمية (التصوير والفيديو والصوت) مهما جدا في العديد من المجالات مثل المجال الطبي, حيث، أصبح نقل هذه البيانات عرضة للتعديل و القرصنة . لذلك لا بد من تطوير تقنيات لحماية هذه الوسائط عند نقلها، حيث انه تم تصميم ثلاث تقنيات وهي التشفير و اخفاء المعلومات و العلامات المائية, في هذا الفصل سنقوم بدراسة تقنية العلامة المائية التي تعتبر رسالة خفية يتم نقلها في مجموعة من البيانات .

بعد ما نتطرق الى لمحة تاريخية للعلامة المائية سنقوم بوصف متطلبات نظامها, ثم مراحل تصميمها تصنيفاتها و تقنياتها , الهجمات المختلفة المطبقة عليها ثم سنذكر قياسات اداء انظمة العلامات المائية.

2.1 تاريخ العلامات المائية :

يعود تاريخ العلامات المائية على الورق الى حوالي 700 سنة حيث عثر على اول وثيقة تحمل علامة مائية عام 1292 في ايطاليا, واستعملت هاته الاخيرة في تطوير صناعة الورق , حيث كان لها دور لتحديد جودة اكثر من 40 مصنع للورق في تلك الحقبة , و في الفترة الحديثة اصبحت بما يسمى "العلامات المائية للصور الرقمية"

- تم نشر اول مقالة حول العلامة المائية سنة 1990 على يد الكاتب Tanaka و اخرون [1] .
- في عام 1995 بدا البحث حول العلامات المائية للصور الرقمية يزداد, وتطورت الانشطة البحثية في هذا المجال. [2]

تظهر لنا هذه التواريخ التطور الذي حصل في مجال العلامات المائية للصور الرقمية , حيث صارت لها اهمية كبيرة في عصرنا الحالي.

3.1 مميزات نظام العلامات المائية:

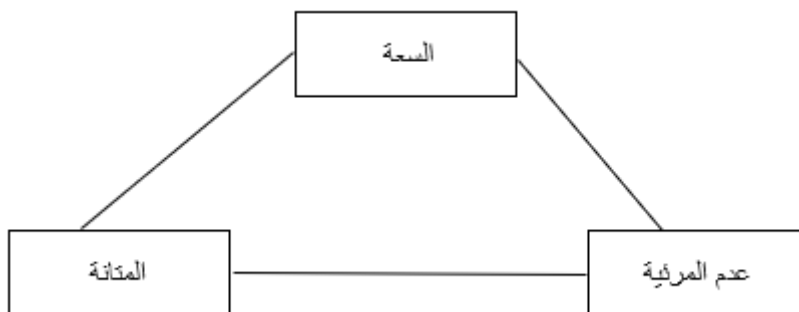
للعلامات المائية ميزات كثير حيث انها تشمل الامان (Security) , الموثوقية (Reliability) عدم المرئية (imperceptibility), المتانة (Robustness) , وحمولة البيانات (Data payload) التعقيد الحسابي (Computational complexity) , و قابلية العكس (Reversibility) [3].
الامان : يعني ان خوارزمتها قادرة على الصمود للهجمات الكثيفة مثل محاولة التعديل عليها بالحذف او بالاضافة , حيث ان هذه المنهجية تضمن لنا ان المستخدم المصرح بيه هو الوحيد القادر على تعديل و استخراج العلامة المائية المدمجة .

الموثوقية : تشمل المصادقية و النزاهة، و المصادقية هي القدرة على اثبات اصل البيانات و مرفقاتها ،

اما النزاهة هي ان تثبت ان البيانات لم يتم المساس بها او التعديل عليها بشكل ضار او عن طريق الخطأ **عدم المرئية** : هي اكثر المتطلبات رغبة في العلامة المائية، و يجب ان تكون غير مرئية للعين المجردة قدر الامكان , حيث يتم التعبير عن عدم المرئية بحساب التشابه بين البيانات الاصلية و بيانات الصورة التي تحمل العلامة المائية .

المتانة : هي القدرة على استخراج ملف العلامة المائية المتكاملة بعد عملية معالجة الاشارة , حيث ان كل تطبيقات العلامات المائية الرقمية لا تحتاج الى ان تقاوم كل هجمات معالجة الاشارة .

من خلال الشكل 1.1 والذي يظهر لنا العلاقة بين خصائص العلامات المائية الرقمية بوضوح, حيث انه يمكن تحقيق قدرة عالية جدا اذا تم التضحية بالمتانة, او بعدم المرئية او كليهما معا.[3]



الشكل(1.1):مثلث التوفيق بين الخصائص الأساسية للعلامة المائية

4.1 المكونات الأساسية لنظام العلامات المائية الرقمية :

حيث ان نظام العلامة المائية يتكون من ثلاث خطوات تتمثل في انشاء العلامة المائية، ادماجها ثم استخراجها [3] .

الشكل 1.2 (ا) يمثل لنا عملية انشاء العلامة المائية الرقمية ، الشكل 1.2 (ب) يمثل لنا خطوة ادماج العلامة المائية الرقمية و الشكل 1.2 (ج) يمثل لنا كيفية استخراج العلامة المائية الرقمية .

1.4.1 انشاء العلامات المائية الرقمية :

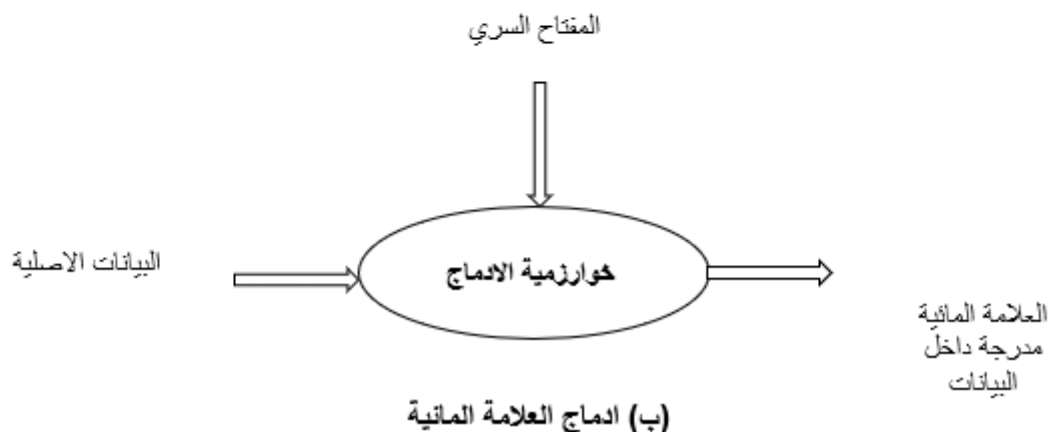
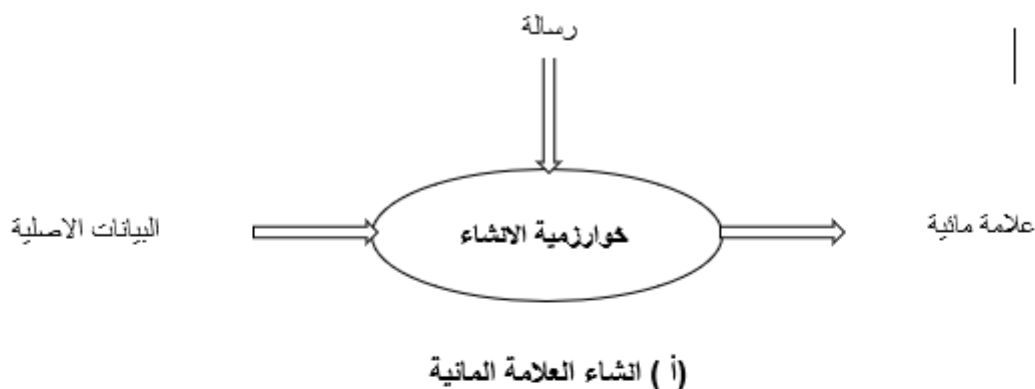
نقوم في هذه الخطوة بانشاء العلامة المائية و تكييفها وفقا للتطبيقات المطلوبة، حيث ان العلامة المائية يمكن ان تكون على شكل نص او صورة او رمز، نلاحظ من خلال المثال في الشكل (أ) ان العلامة المائية قد تطلب دمج معلومات المريض و خصائص محددة للبيانات [3] .

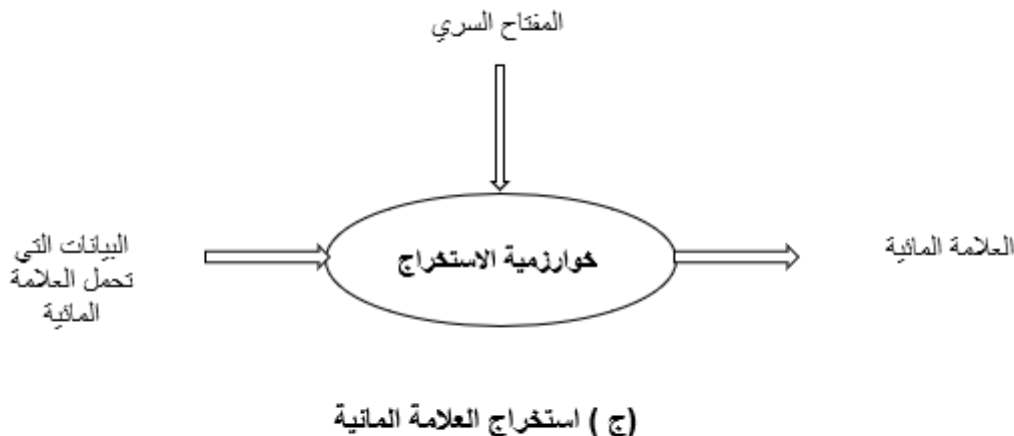
2.4.1 ادماج العلامات المائية:

هذه الخطوة تنفذ من قبل المرسل حيث انه يقوم باضافة العلامة المائية الى البيانات الاصلية وذلك يتم عن طريق تطبيق الخوارزمية واستخدام مفتاح سري من اجل انشاء البيانات ذات العلامة المائية[3].

3.4.1 استخراج العلامات المائية:

هذه الخطوة تتم من جانب جهة الاستقبال اي عن طريق المستقبل ، حيث انه يتم تطبيق التنفيذ العكسي لخوارزمية ادماج العلامة المائية، و لاكتشاف العلامة المائية المضمنة يجب استخدام المفتاح السري او البيانات الاصلية [3].



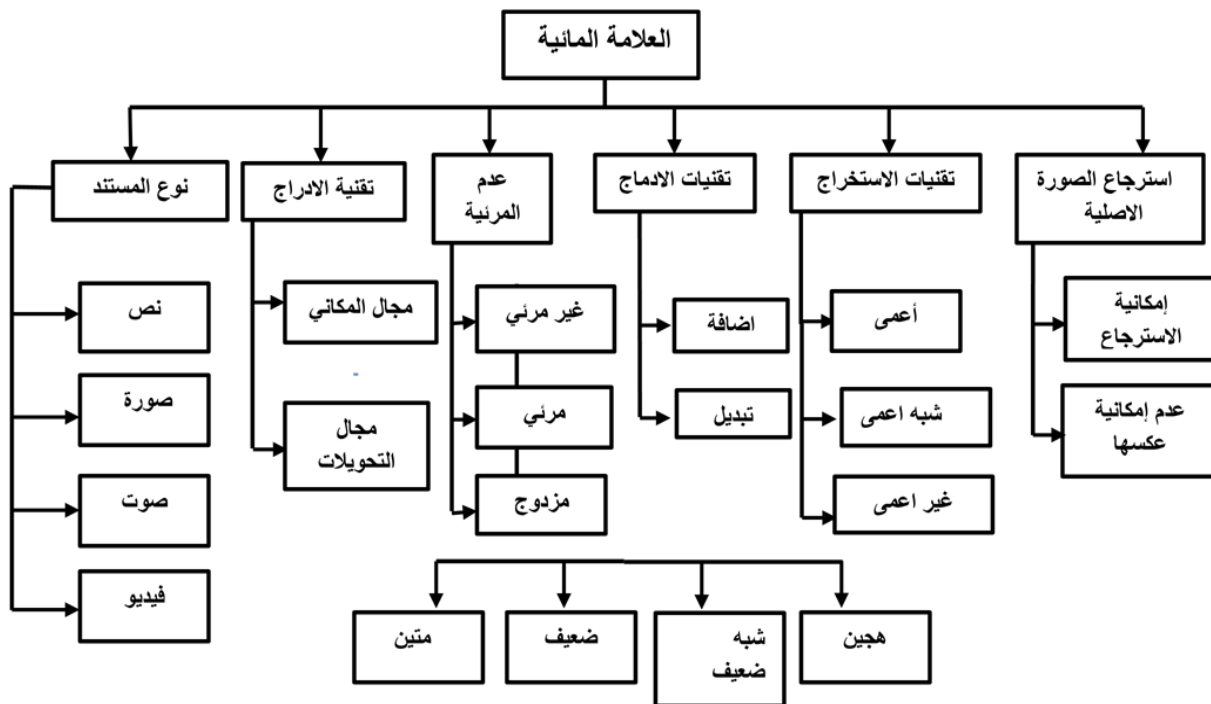


الشكل 2.1 : عملية انشاء العلامة المائية الرقمية

5.1 تصنيف أنظمة العلامات المائية:

تصنف العلامات المائية حسب عدة معايير منها نوع المسند و مجال ادراج الرؤية و امكانية استرجاعها

[4] ، كما هو موضح في الشكل 3.1 .



الشكل (3.1) مخطط تصنيف انظمة العلامة المائية

1.5.1 نوع المستند:

يختلف نوع العلامة المائية حسب اختلاف نوع المستند ، حيث انه في حالة ان العلامة المائية في النص تكون الفراغات بعد علامات الترقيم و بين الاسطر و في نهاية كل جملة مهمة جدا لكي يتم تحديد المكان المناسب للعلامة المائية، ولكن في حالة الصوت والصورة والفيديو يمكن ادماج العلامات المائية في معاملات التردد المتوسطة في المجال الترددي، او في اقل بت من البيانات المكانية ، و منه نستنتج ان استخدام العلامات المائية يكون بناء على نوع المستند.

2.5.1 مجال الادراج:

ينقسم الى مجالين رئيسيين:

المجال المكاني : يتم اضافة العلامة المائية مباشرة في البيانات الاصلية [5].

مجال التحويلات : يتم اضافة العلامة المائية في مجال التحويلات [5].

3.5.1 المرئية:

تنقسم الى ثلاثة انواع :

العلامة المائية المرئية (الواضحة) : هي علامة مائية يمكن رؤيتها توضع عادة فالبيانات لحماية الملكية
العلامة المائية الغير مرئية : تكون مخفية حيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، يمكن ازلتها باستخدام خوارزمية معينة [6].

العلامة المائية المزدوجة : عبارة عن دمج لعلامتين واحدة مرئية والاخرى غير مرئية حيث ان

العلامة المائية الغير واضحة تكون احتياطا للعلامة المائية الواضحة [6].

4.5.1 تقنيات ادراج العلامة المائية:

لادراج العلامة المائية نستعمل تقنيتين هما: [8]

العلامة المائية البديلة : في هذه الحالة يتم استبدال العلامة المائية المراد ادراجها بمكونات المستند [8].

العلامة المائية الاضافية : يتم اضافة العلامة المائية الى مكونات المستند [8].

5.5.1 تقنيات استخراج العلامة المائية:

تنقسم الى ثلاث فئات :

الاعمى : يتطلب مفتاحا لاستخراج العلامة المائية [9].

شبه الاعمى : يتطلب العلامة المائية الاصلية و المفتاح [9].

غير الاعمى : يتطلب البيانات الاصلية و المفتاح [9].

6.5.1 قابلية الاسترجاع:

هي قدرة نظام أو برنامج على استعادة العلامة المائية المضمنة في ملف رقمي، مثل صورة أو فيديو أو

نص، بعد أن يتم معالجته أو تعديله. أي انها ، هي مدى قوة العلامة المائية في مقاومة التغييرات [10].

6.1 تقنيات ادراج العلامات المائية في الصور:

تقنيات إدراج العلامة المائية متنوعة وتعتمد على نوع الملف ونوع العلامة المائية المراد إدراجها، ومن أهم هذه التقنيات:

1.6.1 تقنيات الادراج في المجال المكاني:

في هذه التقنية يتم وضع العلامة المائية في الصورة عن طريق التعديل على قيم البكسلات لهذه الصورة ، حيث انه يمكن ادراج علامة مائية صغيرة عدة مرات ، وهذه تعتبر ميزة لتقنية الادراج في المجال المكاني لانها توفر لنا متانة إضافية حيث لان إزالة جميع العلامات المائية يكاد ان يكون مستحيل .

وبرغم من هذه الميزات الا ان هذه الطريقة لها عيب كبير حيث انها لا تستطيع تحمل إضافة الضوضاء وطرق الضغط (lossy compression) [11].

1.1.6.1 طريقة البت الأقل أهمية LSB:

تعتبر تقنية (least significant bit) واحدة من اقدم التقنيات و ابسطها في المجال المكاني حيث انه يمكن تطبيقها على اي نوع من انواع العلامات المائية . في هذه التقنية نستبدل البت الاقل اهمية في الصورة بالعلامة المائية [12].

2.1.6.1 طريقة النموذج الثنائي المحلي LBP:

في هذه الطريقة يتم تقسيم الصورة الاصلية الى مربعات غير متداخلة ، بعدها يتم المقارنة بين قيم البكسلات المجاورة للبكسل المركزي لكل مربع، حيث انه يتم استعمال هذه القيم لدرج العلامة المائية ، [13]، تعتبر تقنية (local binary pattern) قوية ضد تغيرات الاضاءة و التباين لكنها حساسة ضد الترشيح [4].

3.1.6.1 طريقة تعديل المدرج التكراري:

تقنية العلامة المائية التي تعتمد على تعديل المدرج التكراري وتعتمد على خصائص الصور الاصلية لاختفاء العلامة المائية، في هذه التقنية يتم اخفاء العلامة المائية عن طريق تغيير مواقع الذروة والصفرة (او قيمة دنيا اذا لم يكن هناك صفرة) في المدرج التكراري. يتيح هذا التعديل استخدام خصائص الصور بشكل فعال في العلامة المائية. وبالرغم من ان هذه الطريقة يمكن تنفيذها بسهولة الا ان سعة العلامة المائية محدودة بعدد نقاط القمة التي يمكن ان تظهر في الصورة. [14].

2.6.1 التقنيات المستعملة في مجال التحويلات:

في هذه التقنية يتم تطبيق التحويلات على الصور قبل ادراج العلامة المائبة في الصورة الاصلية لتقويتها ضد الهجمات المختلفة ، حيث ان هذه التقنية تنتج لنا معاملات ، حيث انه يمكن لنا الحصول على الصورة الحاملة للعلامة المائبة عن طريق تعديل هذه المعاملات [15] ، و من هذه التقنيات نذكر :

تحويل جيب التمام المنقطع DCT ، تحويل التموج المنقطع DWT ، تحويل فورييه المنقطع DFT يعطي DCT و DCT الوصف الطيفي للصورة ويقوم DWT بتحويل الصور الاصلية الى تنبات على مستوى الامواج [16].

1.2.6.1 تحويل فورييه المنقطع DFT:

تقنية تحويل فورييه المنقطع DFT (Discrete Fourier Transform) هي الأكثر استعمالا لتحويل الصورة من المجال الزمني الى المجال التحويلات، يعتبر استخدام هذه التقنية فعالا لأنه يوفر تحمل افضل ضد التلاعب الهندسي ، يمكن ادراج العلامة المائبة بطريقتين هما العلامة المائبة المباشرة والعلامة المائبة القائمة على نموذج [19] [18] [17].

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 المنقطع لفورييه المباشرة والتحويلة العكسية بالمعادلات (1,1) و (2,1) على التوالي :

[4]

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

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

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

- $\text{Re}(u, v)$ و $\text{Im}(u, v)$ هي الاجزاء الحقيقية والتخيلية من DFT على التوالي.

يتم إعطاء الشكل القطبي ل DFT بواسطة المعادلة (1.3)

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

تمثل $F(u, v)$ و $\emptyset(u, v)$ جزء من السعة و الطور على التوالي، والتي يمكن حسابها بالمعادلتين (4.1) و (5.1).

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

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

2.2.6.1 تحويل جيب تمام المتقطع DCT:

تعتبر طريقة تحويل الجيب التمام المتقطع Discrete Cosine Transform اكثر الطرق استعمالا لتحويل البيانات من المجال المكاني الى مجال التحويلات. هي تحويل خطي يحول لنا شعاع الى مجموعة من المعاملات عددها η ، حيث تعتبر هذه الطريقة قوية ضد هجمات الضغط JPEG، ولكن تفتقر الى مقاومة الهجمات الهندسية مثل التحجيم (Rescaling)، التقصيص (Cropping). [20]

لكي نقوم باخفاء العلامة المائبة التي تتركز على تحويلة الجيب التمام المتقطع نعلم على تقنية قائمة على التكتل وفي هذه التقنية يتم تقسيم الصورة الى كتل ذات حجم معين حيث كل كتلة تحتوي على ثلاثة مجموعات من الترددات : منخفضة، متوسطة و عالية. الشكل (6,1) و (7,1) يمثلان المعادلات الرياضية لتحويل جيب تمام ثنائي الابعاد (2D-DCT) في الاتجاهين المباشر والعكسي على التوالي. [21]

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

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

حيث M و N يحددان حجم الكتلة، $I(x, y)$ تمثل قيمة بيكسل في المجال الزمني، $C(u, v)$ هو معامل تحويل الجيب .

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

3.2.6.1 تحويل التموج المتقطع DWT:

يستعمل تحويل التموج المتقطع (Discret Wavelet transform) في تحليل الاشارات و الصور، بسبب قدرتها على تقسيم الصور ذات الاشارات الى مكونات ترددية مختلفة يمكن استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات، يقوم تحويل التموج المتقطع بتفكيك الصورة الى أربع نطاقات ترددية مختلفة وهي: تقريب الصورة (LLK) و التفاصيل (افقي HLK ، رأسي LHK، قطري) حيث يعبر k عن مستوى التفكيك [22]، يمكن تطبيق هذه العمليات عدة مرات على جزء تقريب الصور لتحقيق مستوى نهائي معين بناء على التطبيق المرغوب كما يوضح في الشكل (4.1)، في أنظمة العلامات المائبة الرقمية يمكن تفكيك الصورة الى مستويات منخفضة من التفاصيل والتي تحتوي على طاقة اقل و هي مناسبة لاجراء 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. [23].

LL ₃	HL ₃	HL ₂	HL ₁
LH ₃	HH ₃		
LH ₂		HH ₂	HH ₁
LH 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 أسلوب فعال للعمل على المصفوفات ويمكنه معالجة مختلف انواع الصور حيث عند تطبيق أسلوب SVD على الصورة 1 بحجم $M \times N$ يتم تحويلها الى ثلاث مصفوفات Σ و U و V كما هو موضح في المعادلة (10.1)،

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

يتم استخدام (SVD) في تطبيقات الضغط والعلامة المائية بسبب الخصائص التالية: [24]

- ادراج تشوش صغير في الصورة لا يؤثر كثيرا على القيم المفردة [25]
- تحت بعض التحويلات مثل الدوران لا تتغير القيم المفردة غير الصفرية للصورة بشكل كبير.

7.1 الهجمات المطبقة على أنظمة العلامات الرقمية المائية:

تنقسم الهجمات المطبقة على العلامات المائية الرقمية الى فئتين رئيسيتين هما الهجمات المقصودة والهجمات الغير مقصودة :

الهجمات غير المقصودة تجمع بين جميع الهجمات التي تستهدف ازالة او تدمير علامة الحقوق المائية من الصورة ذات العالمة المائية، 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.

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 [26]، عندما يتجه معامل الجودة نحو الصفر في ضغط *JPEG* يؤدي ذلك الى فقدان عام في الوضوح وانخفاض وضوح الحواف و فقدان تفاصيل الألوان. [27]

2.1.7.1 الترشيح المتوسط:

يتم استخدام الترشيح المتوسط بشكل واسع في معالجة الصور الرقمية لازالة الضجيج حيث يعمل المرشح المتوسط على $M \times M$ بكسل الاستبدال 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، ولازالته 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 الصور.
- ضجيج الملح والفلل او الضجيج النبضي يظهر على شكل بيكسالت بيضاء وسوداء منتشرة وتتميز بكثافتها.

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.

2.7.1 الهجمات الهندسية:**1.2.7.1 الدوران:**

هذا الدوران يقوم بتدوير الصورة بزاوية θ حول نقطتها المركزية، وتعطى وظيفة الدوران

بالمعادلة (11.1).

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

2.2.7.1 الازاحة:

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

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

حيث ان (a) يحدد الحركة على المحور (x) ، و (b) يحدد الحركة على المحور (y) ..

2.3.7.1 تغير الحجم:

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

$$\begin{cases} x' = \theta_x \cdot x \\ y' = \theta_y \cdot y \end{cases}$$

(13.1)

3.7.1 هجمت 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 الهيكلية : (SSIM : structural similarity index measure) معدل الارتباط التبادلي : (NCC : Normalized Cross Correlation) معدل اخطاء البت : (BER : Bit Error Rate) و قياس معدل الادراج (ER : Embedding rate). [27][28]

1.8.1 مؤشرات عدم المرئية:

1.1.8.1 مؤشر الذروة بين الإشارة والضجيج:

يقيس مؤشر PSNR النسبة بين الاشارة والضجيج التي تؤثر على تمثيلها باستخدام الخطأ المتوسط التربيعي، 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 الديسيبيل وفقا للمعادلة (15.1).

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

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

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 تحسها في المعلومات الهيكلية التي تشير الى التفاعلات بين البيكسالت المجاورة للصور. يتم احتساب مؤشر SSIM باستخدام مجموعة من الميزات مثل تقليل السطوح وتقليل التباين، تقليل السطوح 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). [29]

$$SSIM(I, I_w) = I(I, I_w)^a \cdot c(I, I_w)^\beta \cdot s(I, I_w)^y \quad (16.1)$$

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

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

و يتم اعطاء المتوسط النهائي وفقا للمعادلة (19.1) [29]

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

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

2.8.1 قياس المتانة :

المعاملان BER و NCC يقيسان متانة النظام .

1.2.8.1 معامل الارتباط المتبادل :

يقيس المعامل NCC التشابه بين العلامة المائية الاصلية و العلامة المائية المستخرجة ، حيث تتراوح قيمته بين 1 و -1 ، حيث اذا كانت قيمته 1 فالعلامتين المائيتين متشابهتان ، و اذا كان -1 فان الصورتين متعاكستين ، و اذا كان 0 فانهما مختلفتين كلياً ، يتم حساب هذا المعامل وفق المعادلة (20.1) . [30]

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

2.2.8.1 نسبة خطأ البت BER :

يقوم المعامل BER بقياس نسبة الخطأ في العلامة المائية الاصلية ، اذا كان BER صغير فهذا يدل على المتانة العالية و المقاومة ضد الهجمات ، يتم حسابه وفقاً للمعادلة (21.1) . [31]

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

9.1 الخاتمة

تواجه العلامة المائية الرقمية العديد من المخاوف المتزايدة بشأن موثوقية وسلامة المحتوى الرقمي. في هذا الفصل تم استعراض دوافع الانتقال إلى العلامة المائية الرقمية، وكُشف عن متطلباتها ومكوناتها الأساسية. بالإضافة إلى ذلك، تم تصنيف أنظمة العلامة المائية وتقنيات العلامة المائية الرقمية المستخدمة في معالجة الصور، كما تم تناول مبادئ الهجمات المختلفة على أنظمة العلامة المائية للصور. وأخيراً، تم تقديم مجموعة من المقاييس المستخدمة لتقييم أداء هذه الأنظمة.

الفصل الثاني :

عموميات حول التشفير
بالانظمة الفوضوية

1.1 مقدمة :

علم التشفير (Cryptography) هو فن وعلم تحويل المعلومات إلى رموز غير قابلة للقراءة أو مفهومة إلا لمن يمتلك مفتاح فك التشفير المناسب. يقوم هذا العلم على أسس رياضية معقدة وخوارزميات متطورة تهدف إلى تحقيق أقصى درجات الأمان للبيانات والمعلومات. استعمل قديما في تشفير الرسائل و المخطوطات الجدارية في كثيرا من الحضارات كالحضارة المصرية و غيرها من الحضارات الاخرى . في وقتنا الحالي اصبح استخدامه واسع خاصة في المجالات الرقمية و علم الحاسوب بصفة عامة .

في عالمنا الرقمي المتصل، أصبحت البيانات هي العملة الثمينة، ومع ازدياد الاعتماد على الإنترنت في جميع جوانب حياتنا، تزايدت الحاجة إلى حماية هذه البيانات من التهديدات السيبرانية. هنا تظهر أهمية علم التشفير، الذي يوفر أدوات وتقنيات لحماية البيانات من الوصول غير المصرح به، والتلاعب، والسرقة.

في هذا الفصل سوف نتطرق الى اهمية علم التشفير تاريخه و استعمالاته و خاصة التشفير بتطبيق الانظمة الفوضوية .

1.2 لمحة تاريخية حول علم التشفير :

جهاز سكيثال (Scytale) وهو جهاز استخدم من طرف اليونان في عام 478 قبل الميلاد ويتكون من عصا يلتف حولها حزام جلدي، حيث يكتب المرسل رسالته ويفتحها، ويجب على المستقبل إعادة لف الحزام على عصا من نفس القطر ليتمكن من العثور على الرسالة الاصلية. [32]

في عام 1976: نشر ويتفيلد ديفي ومارتن هيلمان كتاب "اتجاهات جديدة في التشفير"، حيث طرحا فكرة تشفير المفتاح العام.

في عام 50 قبل الميلاد، اخترع يوليوس قيصر أول نظام تشفير يعتمد على الرياضيات. وهو عبارة عن تشفير تبديل أحادي الابدجية يعتمد على إزاحة الحروف. [33]

3.2 مفاهيم التشفير الاساسية :**1.3.2 تعريف التشفير :**

لتشفير هو عملية تحويل المعلومات أو البيانات إلى رموز غير قابلة للقراءة أو مفهومة إلا لمن يمتلك مفتاح فك التشفير المناسب. وتسمى العملية العكسية بفك التشفير وتتطلب هذه الطريقة مفتاح لكي تتم هذه العملية.

2.3.2 مفتاح التشفير:

مفتاح التشفير هو سلسلة من الأحرف والأرقام والرموز التي تُستخدم مع خوارزمية التشفير لتحويل البيانات إلى رموز مشفرة، وكذلك لفك تشفير هذه الرموز وإعادة البيانات إلى حالتها الأصلية.

ينقسم مفتاح التشفير الى نوعين هما :

مفتاح متماثل : مفتاح يستخدم في التشفير و فك التشفير .

مفتاح غير متماثل : عبارة عن مفتاح خاص بالتشفير و مفتاح خاص بفك التشفير .



الشكل (1.2) : المفتاح المتماثل و الغير متماثل

3.3.2 آليات التشفير :

لنتم عملية التشفير يجب ان يتشارك المرسل و المستقبل سرا بينهما ، حتى تكون الرسالة مفهومة فقط من طرف المتلقي ، يتم تحويل الرسالة "الواضحة" باستخدام 'دالة التشفير' المحددة بواسطة "مفتاح" إلى رسالة مشفرة "نص مشفر" ويتم تحويل الرسالة المشفرة باستخدام " دالة التشفير " لرسالة واضحة. [34]

➤التشفير :

هو عملية تحويل الرسالة M بطريقة تجعلها غير مفهومة. يعتمد على دالة التشفير E ومفتاح التشفير K

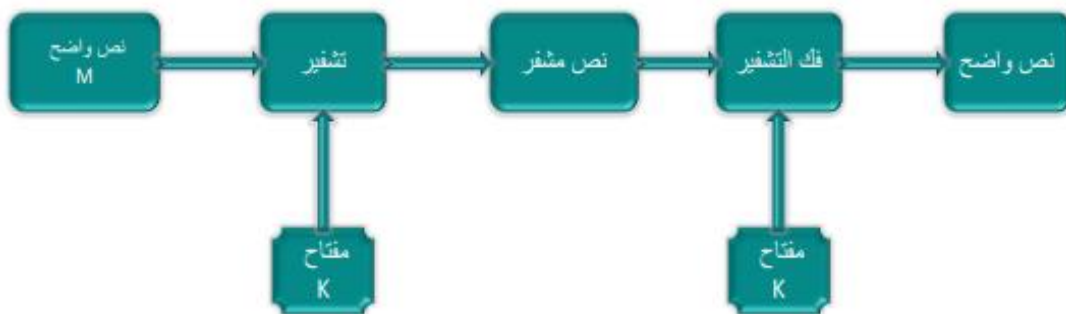
[34]

$$C = Enc(K, M)$$

➤ فك التشفير :

هو العملية العكسية التي تسمح لنا باسترجاع الرسالة الواضحة انطلاقا من الرسالة المشفرة [34]

$$M = Dec(K, C)$$



الشكل (2.2): مبادئ نظام التشفير.

4.2 الانظمة الفوضوية :

في هذا الجزء سنتعرف على علم الفوضى بشكل عام و استعمالاته في علم التشفير.

1.4.2 نبذة تاريخية عن الانظمة الفوضوية:

لم يكن لعلم الفوضى اهمية كبيرة او استعمالا واسع وصولا الى نهاية القرن التاسع عشر حيث تم احيائه على يد العالم الفيلسوف هنري بوان كاريه في الفترة ما بين (1854 الى 1912) ، وذلك لاسباب كثيرة منها اعمال اسحاق نيوتن التي جعلت الحتمية المطلقة تسيطر على العلم ،ومن خلال معرفة الحالة الاولية لنظام معين، اعتقد العلماء أنهم يستطيعون التنبؤ بشكل كامل ودقيق بمستقبل هذا النظام.

في الفترة ما بين (1749 الى 1827) قام العالم بير سيمون لابلاس بتحديد المعنى المطلق للحتمية وأكد أن الحالة الحاضرة للكون تمكّن من التنبؤ بمستقبله. ومع ذلك قام بوانكاريه بإثبات أن لابالس كان على خطأ، واعتمد في آرائه على مشكلة الاجرام الثلاثة في الميكانيكا السماوية، التي تجعل التنبؤ غير ممكن وأن حركة الاجسام الثلاثة لا تتكرر إلا في الحالات الخاصة. حيث ان هذه الظاهرة اصبحت تعرف بتأثير الفراشة .

كما انه تم استعمال علم الفوضى حتى في علم الطقس ، حيث وضع عالم الارصاد الجوية ادوارد لورنر نموذج رياضي بسيط للطقس، وأظهر كيف أن تغييرات صغيرة في الشروط الابتدائية يمكن أن تؤدي إلى نتائج مختلفة

جوليا غاستون :عالمة الرياضيات الفرنسية التي درست مجموعات جوليا، وهي أشكال هندسية معقدة تظهر في الأنظمة الديناميكية الفوضوية.

مع تقدم الحوسبة والرياضيات، تم تطبيق علم الفوضى على مجالات متنوعة مثل علم الأحياء، الاقتصاد، الهندسة، والفيزياء. اليوم، يتم دراسة الأنظمة الفوضوية لفهم السلوكيات المعقدة في الطبيعة والمجتمع.

2.4.2 : تعريف علم الفوضى:

الفوضى هي مفهوم علمي حديث نسبياً يدرس الأنظمة الديناميكية المعقدة التي تُظهر سلوكاً عشوائياً يبدو غير قابل للتنبؤ، رغم أنها تخضع لقوانين حتمية. وهذه الأنظمة تسير حسب قوانين فيزيائية ورياضية محددة، ولكنها شديدة الحساسية للتغيرات في الظروف الابتدائية مما يجعلها غير قابلة للتنبؤ في اغلب الأحيان

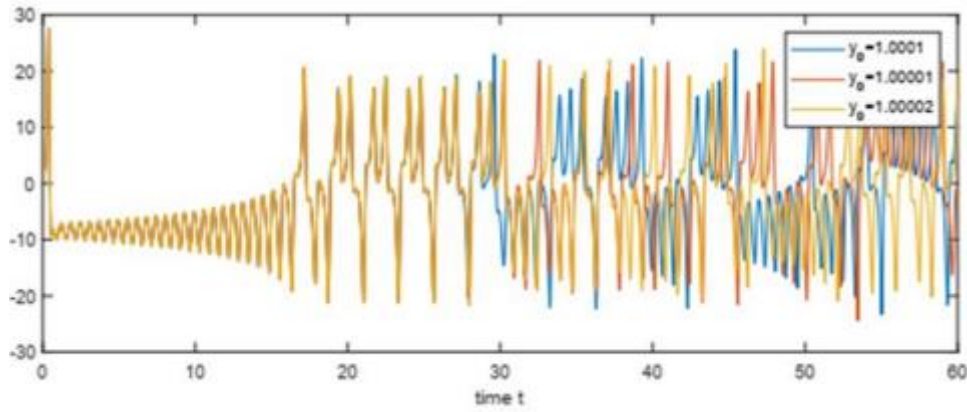
3.4.2 خصائصها :

تظهر الأنظمة الفوضوية عدة خصائص مميزة تفرقها عن الأنظمة المنتظمة والقابلة للتنبؤ. فيما يلي بعض الخصائص الرئيسية للأنظمة الفوضوية:

1.3.4.2 الحساسية للظروف الاولية :

تسمى هذه الخاصية بتأثير الفراشة، حيث اذا حدث تغيير طفيف في الظروف الابتدائية لنظام فوضوي يؤدي ذلك إلى وجود مسارين يكونان في البداية متقاربين ثم يتباعدان بشكل تسارعي. فيما بعد تصبح المسارات غير قابلة للمقارنة، مما يجعل الأنظمة الفوضوية غير قابلة للتنبؤ على المدى الطويل. وكمثالاً على ذلك نأخذ نظام لورنز الذي يوصف بالمعادلات التالية : [35]

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = rx - y - xz \\ \dot{z} = -bz + xy \end{cases} \quad (1.2)$$



الشكل (3.2): تطور نظام لورنز

2.3.4.2: غير خطي:

النظام الفوضوي هو نظام ديناميكي غير خطي، ولا يمكن أن يكون النظام الخطي فوضويًا. يرتبط مفهوم النظام الديناميكي بجميع الأنظمة التي تتطور مع مرور الزمن. بشكل عام، للتنبؤ بالظواهر الحقيقية الناتجة عن هذه الأنظمة، تتمثل الخطوة الأولى في إنشاء نموذج رياضي يربط بين مجموعة من الأسباب ومجموعة من النتائج. إذا كانت هذه العلاقة عبارة عن عملية تناسبية، فإن الظاهرة تكون خطية. أما في حالة الظاهرة غير الخطية، فإن النتيجة لا تكون متناسبة مع السبب. [36].

3.3.4.2 عدم القدرة على التنبؤ :

في السياق العلمي، يشير مفهوم التحديد إلى القدرة على التنبؤ بالمستقبل بناءً على أحداث معينة وقعت في الماضي أو الحاضر. ومع ذلك، فإن الظواهر الفوضوية تتسم بتغيرات غير منتظمة في سلوك النظام، وغالبًا ما تعود هذه التغيرات إلى خصائص غير خطية. في حالة الظواهر العشوائية، يصبح من الصعب تمامًا توقع مسار النظام الذي يظهر تأثيرات عشوائية، سواء كانت هذه التأثيرات قوية أو ضعيفة، دون الاعتماد على قوانين رياضية تم تطويرها بدقة وبطريقة غير قابلة للتنبؤ. وهذا يعكس فكرة أن الظواهر العشوائية لا تتبع نمطًا محددًا أو قوانين ثابتة، مما يجعل من الصعب جدًا إنشاء نموذج دقيق لها. لذا، في

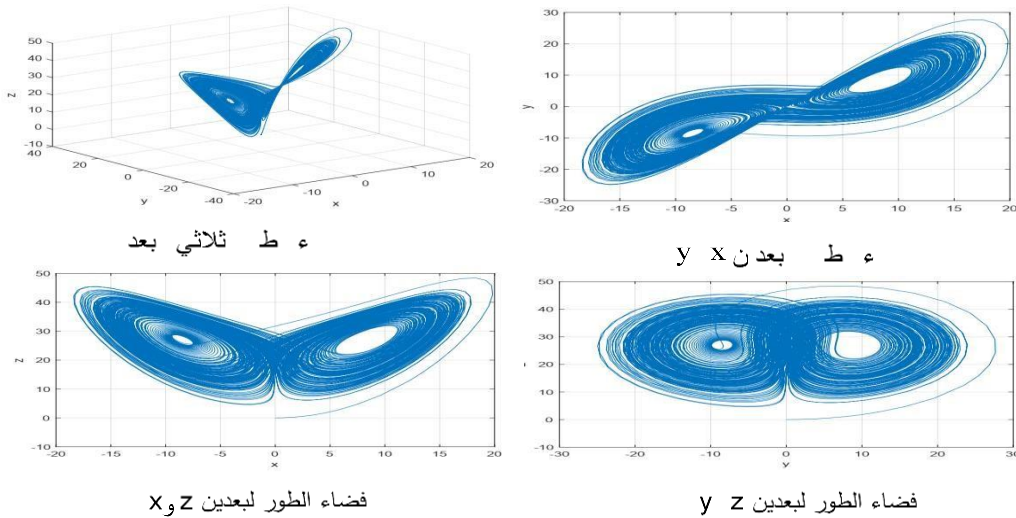
عالم الفوضى والظواهر العشوائية، قد يكون التنبؤ بالمستقبل أمرًا صعبًا للغاية أو حتى مستحيلًا تمامًا، وذلك بسبب طبيعة العشوائية وعدم قدرة القوانين الرياضية على تمثيلها بدقة. [36]

4.3.4.2 العشوائية:

على الرغم من أن الأنظمة الفوضوية تُعتبر نظامًا محددة، إلا أن جميع حالات النظام الفوضوي تتسم بجوانب عشوائية. على سبيل المثال، يصعب التنبؤ بدقة بحالة الطقس في المستقبل، وذلك لأن النظام المناخي يُعد نظامًا فوضويًا. كما أن التنبؤ بسلوك الأسواق المالية يُعتبر أمرًا صعبًا أيضًا، نظرًا لأن النظام الاقتصادي هو نظام فوضوي كذلك.

5.3.4.2 الغرابة:

الجاذب الغريب (strange attractors) هو مفهوم ظهر عندما بدأ إدوارد لورنز في رسم حل لنظامه باستخدام الحاسوب. حيث قام برسم منحنين انطلاقًا من مجموعتين من الظروف الابتدائية المتقاربة جدًا. كان يتوقع أن تتباعد المنحنيان، لكن ما حدث هو أن المنحنيين كانا يشبهان إلى حد كبير جناحي فراشة. [37]



الشكل (4.2): شكل منحنيات نظام لورنز

يمثل هذا الشكل منحنيات نظام لورنز والذي يظهر على انه شكل لجناح الفراشة على المستويين X و Z .

4.4.2 الفرق بين الفوضى والعشوائية :

يُعتبر التمييز بين الفوضى والعشوائية نقطة حيوية لفهم الفوضى بشكل أفضل. غالبًا ما يعتقد الناس أن الظواهر تصبح غير قابلة للتنبؤ نتيجة العدد الكبير من المتغيرات التي تؤثر عليها، مما يدفعهم إلى اعتماد نهج احتمالي، رغم أنه يحتفظ بقدر من العشوائية بطبيعته .

ومع ذلك، فإن الأمر يختلف عندما نتحدث عن الفوضى، حيث تتصرف الأنظمة الفوضوية بطريقة قد تبدو عشوائية، لكن هذا السلوك يُمكن وصفه بدقة من خلال معادلات غير خطية محددة تمامًا. أي أنه يمكن استخدام أدوات رياضية تتيح لنا اتباع نهج دقيق ومحدد لفهم هذه الأنظمة.

5.4.2 امثلة عن الانظمة الفوضوية :

وتنقسم الى نوعين حسب قاعدة الزمن و هما:

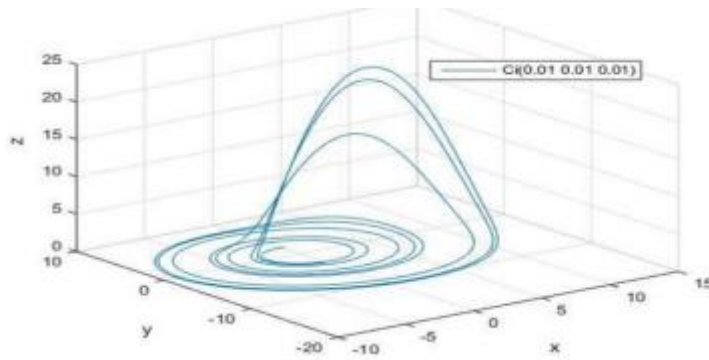
1.5.4.2 في الزمن المستمر :

تُعتبر الأنظمة المستمرة التي تتداخل مع الأنظمة الفوضوية في الزمن المستمر هي تلك التي تتغير باستمرار مع مرور الوقت، وتظهر سلوكًا يصعب التنبؤ به، مما يجعلها حساسة للغاية للظروف الابتدائية. من الأمثلة على هذه الأنظمة نظام لورينز ونظام روسلر، حيث تتميز كلاهما بديناميكيات معقدة وفوضوية.

✓ نظام روسلر:

اقترح العالم الألماني أوتو روسلر هذا النظام، الذي يرتبط بدراسة تدفق السوائل ويستند إلى معادلات نافير-ستوكس. تم اكتشاف معادلات هذا النظام نتيجة للأبحاث في الحركية الكيميائية. وتتمثل معادلات هذا النظام في:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \dot{x} = -1(y + z) \\ \frac{dy}{dt} = \dot{y} = x - ay \\ \frac{dz}{dt} = \dot{z} = b + z(x - c) \end{cases} \quad (2.2)$$



الشكل (5.2) : جانب غريب لنظام روسلر

يمثل الشكل (5.2) رسم الجاذب الغريب لنظام روسلر .

2.5.4.2 في الزمن المتقطع :

وهي الانظمة الغير مستمرة كالخرائط الفوضاوية .

6.4.2 الخرائط الفوضوية :

من بين العديد من الخرائط الفوضوية، نقدم فيما يلي بإيجاز ثلاث معادلات تُستخدم على نطاق واسع في التطبيقات العملية، وهي: الخريطة اللوجستية، خريطة أرنولد، والخريطة الجيبية. تتميز هذه الخرائط بعدة خصائص، منها سهولة التنفيذ، وغالبًا ما تتمتع بخصائص تشفير فعالة. [38]

1.6.4.2 الخرائط اللوجستية :

الخريطة اللوجستية (Logistic map) هي خريطة غير خطية ، معرفة بالعلاقة التالية :

$$x_{i+1} = rx_i(1 - x_i) \quad (3.2)$$

حيث :

✓ x هي المتغير الديناميكي الذي يمكن أن يتراوح بين 0 و 1 (باستثناء 1).

✓ r هو معامل النظام

بناءً على قيمة r ، يمكن أن تتخذ السلسلة شكل نقطة ثابتة أو سلسلة دورية مثل 2، 4، 8، وهكذا حتى 64 عندما يكون $r=3.569682$ ، أو يمكن أن تكون سلسلة فوضوية عندما يتراوح r بين 3.56996 و 4.

2.6.4.2 خريطة أرنولد:

خريطة أرنولد (Arnold map) هي نموذج رياضي يُستخدم في دراسة الأنظمة الديناميكية. تُعتبر هذه الخريطة أداة مهمة لفهم سلوك الأنظمة المعقدة، حيث تُظهر كيف يمكن أن تتغير الحالات بمرور الوقت. تمثل الخريطة أيضًا مفهوم الفوضى في الرياضيات، مما يجعلها موضوعًا مثيرًا للاهتمام في الأبحاث الأكاديمية.

تعتبر خريطة قطة أرنولد نموذجًا مثاليًا لخريطة فوضوية، ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية:

$$\begin{bmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a \\ b & ab + 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} \text{mod } n \quad (4.2)$$

حيث :

✓ x_{n+1} و y_{n+1} تمثلان المواقع الجديدة للبيكسل.

✓ x, y هما المواقع الأصلية لهذا البيكسل.

✓ a, b قيم ومعاملات صحيحة إيجابية.

5.2 التشفير باستعمال الأنظمة الفوضوية :

يُعتبر التشفير الفوضوي أحد البدائل التي تم تطويرها في العقد الأخير. فهو لا يلبي متطلبات الأمان فحسب، بل أظهر أيضاً مقاومة كبيرة ضد التحليل التشفيري، مما يجعله متوافقاً تماماً مع الخصائص المطلوبة لخوارزميات التشفير. يُعرف هناك نوعان من الوظائف الفوضوية: الأول هو الوظائف ذات السلوك الفوضوي البحت التي لا يمكن تصنيفها، والثاني هو الوظائف الفوضوية القابلة للتصنيف من خلال أنظمة المعادلات المعروفة باسم "الأنظمة الديناميكية غير الخطية". تُستخدم هذه الأخيرة في التشفير الفوضوي، حيث يكون الجاذب على شكل تكتلات، مما يجعل تطور المسارات يعتمد بالكامل على الظروف الابتدائية. وبالتالي، يصبح من المستحيل التنبؤ بتلك المسارات دون معرفة حالتها الابتدائية، مما يضيف على السلوك الفوضوي طابعاً غير قابل للتنبؤ ويعزز مستوى أمانه ليقترّب من الكمال. لإدخال التشفير الفوضوي، يجب أولاً اختيار دالة فوضوية، ثم يتعين تركيب الإشارة الفوضوية على تدفق البيانات المراد نقلها وفقاً لإحدى التقنيات المختارة للتشفير بالفوضى.

1.5.2 تقنيات التشفير الفوضوي :

حيث تنقسم الى قسمين هما :

1.1.5.2 تشفير الفوضى التماثلي :

في سياق نقل المعلومات بشكل مشفر باستخدام الفوضى التماثلية، يتم تشفير إشارة سرية بواسطة إشارة فوضوية وفقًا لوظيفة محددة. الإشارة الناتجة، التي تحتوي على الرسالة السرية، تُنقل مباشرة إلى المستقبل عبر قناة عامة .

تتمثل الصعوبة الرئيسية في هذه الطريقة في عملية فك التشفير. فعند انتشار الإشارة في بيئة مضطربة، قد تتعرض للتشويش أو التدمير. في مثل هذه الظروف، يصبح استعادة الإشارة المعلوماتية تحديًا حقيقيًا نظرًا لحساسية أنظمة الفوضى تجاه التغيرات. لذا، يصبح من الضروري تطبيق آلية المزامنة لاستخراج المعلومات الواردة.

2.1.5.2 تشفير الفوضى الرقمي :

تعمل الثغرات الناتجة عن تقنيات التشفير بالفوضى التماثلية على دفع تطوير التشفير الفوضوي ليشمل مجال الإشارات الرقمية بشكل كامل، بهدف إنشاء جيل جديد من التشفير بالفوضى يعتمد على آليات التزامن الرقمية المستقلة.

الفوائد الرئيسية لترقية الإشارات الفوضوية إلى النطاق الرقمي:

- ✓ تسهيل إنشاء تسلسلات رقمية قابلة للتكرار، مع تحسين التحكم في خصائصها الطبيعية .
- ✓ بدء أنظمة الفوضى بشكل فعال دون القلق بشأن مشكلات التزامن بين المرسل والمستقبل .
- ✓ تحويل الإشارات الفوضوية إلى نظام ثنائي يعتمد على دقة محددة (32 بت أو 64 بت)، مما يسهل التنفيذ ويعزز أداء التشفير وفك التشفير .
- ✓ توفير آليات فعالة لتنفيذ ومراقبة الأنظمة الفوضوية على مستوى الحواسيب الرقمية، مما يقلل من تأثيرات التشويش الناتجة عن التغيرات القياسية .
- ✓ إمكانية استخدام الظروف الابتدائية والمعاملات كمفاتيح سرية بأحجام مناسبة.

2.5.2 الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد :

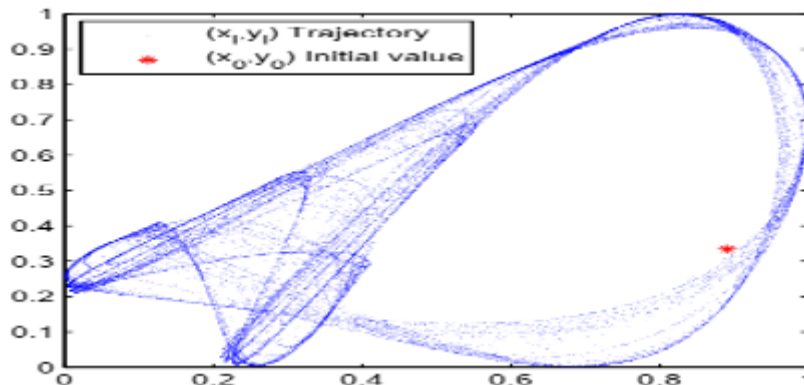
تتميز الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد (The Two-dimensional Logistic Map) بسلوكيات فوضوية أكثر تعقيدًا مقارنة بالخريطة اللوجستية أحادية البعد.

1.2.5.2 التعريف الرياضي :

يمكن تعريف الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد رياضيًا بشكل مستقل كما هو موضح في المعادلة (5.2)، حيث يمثل r معامل النظام و (x, y_i) هما قيم النظام عند النقطة i .

$$\begin{cases} x_{i+1} = r(3y_i + 1)x_i(1 - x_i) \\ y_{i+1} = r(3x_{i+1} + 1)y_i(1 - y_i) \end{cases} \quad (5.2)$$

$$\begin{cases} \mathbf{x}_i = \mathbf{L}_x^{2D}(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{r}, \mathbf{i}) \\ \mathbf{y}_i = \mathbf{L}_y^{2D}(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0, \mathbf{r}, \mathbf{i}) \end{cases} \quad (6.2)$$

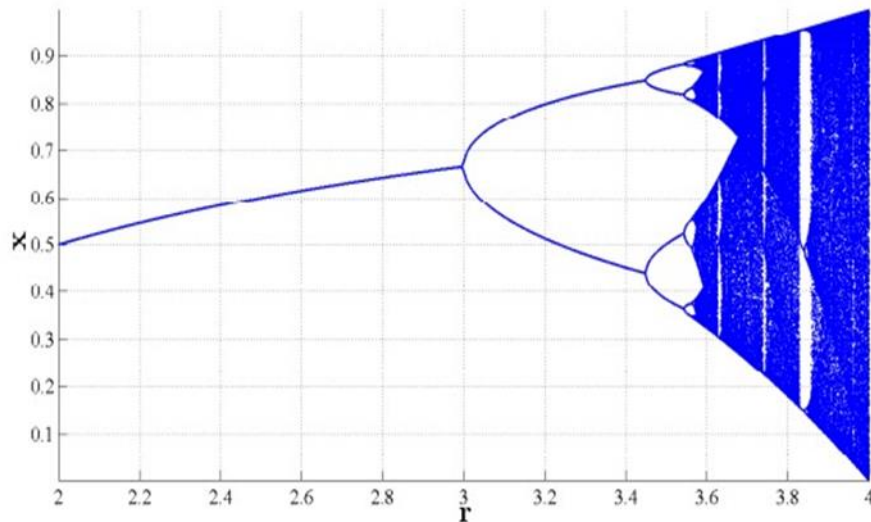


الشكل (6.2) : يمثل مسار الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد

في الشكل (6.2)، يُظهر الرسم البياني 30,000 نقطة من المسار الناتج للخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد، وذلك باستخدام معامل النظام $r = 1$ والقيم الابتدائية $(0, 0)$ عند النقطة $(0.3342, 0.8909)$.

2.2.5.2 التعقيد:

التعقيد (Complexity) تتميز الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد، بتعقيد أعلى مقارنة بالخريطة اللوجستية التقليدية أحادية البعد، حيث يُعتبر المعامل "r" هو العامل الرئيسي الذي يؤثر على السلوك الفوضوي. يوضح الشكل (7.2) مخطط التفرع للخريطة اللوجستية أحادية البعد، حيث يمثل المحور الأفقي معامل النظام "r" بينما يمثل المحور العمودي القيمة "x".



الشكل (7.2): مخطط التفرع للخريطة اللوجستية احادية البعد.

يمكن تقييم تعقيدات الخرائط اللوجستية أحادية وثنائية البعد بالإضافة إلى خريطة هينون من خلال وسائل متنوعة، كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول 1.2 : تحليل تعقيد الأنظمة الفوضوية [39]

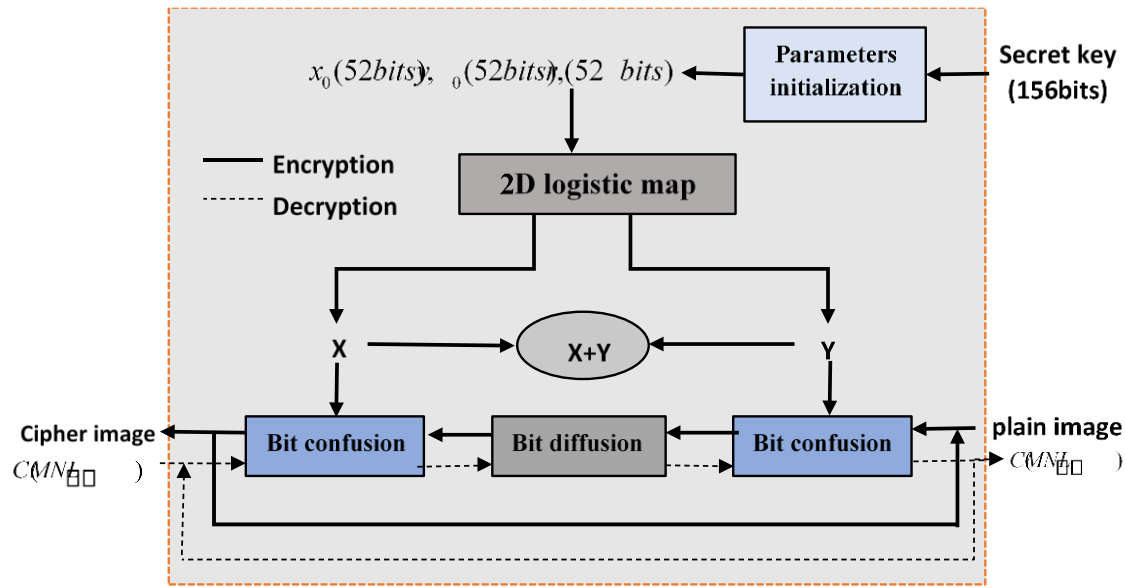
خريطة لوجيستية ثنائية البعد		خريطة هينو		خريطة لوجيستية أحادية البعد					
1.11	1.19	(1.40 , 0.3)		3.57	4	بداية الفوضى	نهاية الفوضى		
بداية الفوضى	نهاية الفوضى	الفوضى		بداية الفوضى	نهاية الفوضى				
H(x)	H(y)	H(x)	H(y)	H(x)	H(y)	H(x)	H(x)	Bins	إنتروبيا المعلومات
6.260	6.554	7.894	7.893	7.815	7.8155	4.811	7.689	256	
7.185	7.455	8.890	8.890	8.804	8.804	5.273	8.677	512	
0.364	-0.116	0.565	-0.21	0.424	-1.628	0.001	0.069	معامل ليابونوف	

في الجدول 1.2 تمت مقارنة التعقيدات بين هذه الخرائط الفوضوية من خلال استخدام إنتروبيا المعلومات ومعامل ليابونوف لعدة أزواج من القيم الابتدائية. كما يتضح من الجدول، فإن الخريطة اللوجستية ثنائية البعد تتمتع بإنتروبيا معلومات أعلى مقارنة بالخريطة اللوجستية أحادية البعد، مما يشير إلى أن مسارها يميل إلى العشوائية بشكل أكبر. في الوقت نفسه، تُظهر الخريطة اللوجستية ثنائية البعد أيضًا معامل ليابونوف أعلى من الخريطة اللوجستية التقليدية، مما يدل على أنها أكثر ديناميكية.

3.5.2 تشفير الصور باستعمال الخرائط اللوجستية:

تُستخدم الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد لتشفير الصور من خلال الاستفادة من خصائصها الفوضوية في نطاق محدد. نركز على المجال $r \in [1.1, 1.19]$ ، حيث يكون النظام فوضويًا كما تم الإشارة إليه سابقًا. في هذا النطاق، تكون القيم الناتجة حساسة للغاية للتغيرات في الظروف الابتدائية، مما يزيد من

تعقيد وصعوبة فك التشفير دون معرفة المفتاح الصحيح. يتم تشفير كل بكسل في الصورة بشكل منفصل، مما يضمن توزيع البيانات بشكل عشوائي ويجعل من الصعب التنبؤ بها. هذه الفوضى تجعل من الصعب على المهاجمين إعادة بناء الصورة الأصلية أو استنتاج أي نمط يمكن استخدامه لفك التشفير، مما يوفر مستوى عالٍ من الأمان للصور المشفرة.



الشكل(8.2): الرسم التخطيطي لطريقة تشفير الصورة المقترحة .

يوضح الشكل (8.2) الرسم التخطيطي لطريقة تشفير الصور المقترحة باستخدام الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد. تتكون الحلقة الداخلية من عملية الخلط تليها عملية الانتشار، ثم يتم الخلط مرة أخرى، حيث تمثل كل مرحلة منها شفرة لصورة، وتعمل معًا لتشكيل شبكة الخلط والانتشار. سيتم مناقشة تفاصيل هذه المراحل لاحقًا.

في القسم التالي، وبخصوص إجراءات التشفير، فإن إجراءات فك التشفير تعتبر ببساطة عكس ترتيب المعالجة باستخدام مفتاح فك التشفير، كما هو موضح في الشكل (8.2). باختصار، يمكن التعبير عن عملية التشفير بالصيغة التالية: $C = \text{Enc}(P, K)$ ، بينما عملية فك التشفير تُعبر عنها بالصيغة:

$$. P = Dec(C, K)$$

1.3.5.2 مولد تسلسل الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد :

في سياق التشفير، يتم استخدام الخريطة اللوجستية ثنائية الأبعاد لتوليد جدول مفاتيح عشوائي. يتم استخدام جدول المفاتيح هذا لتشفير وفك تشفير البيانات. نحدد مفتاح التشفير K الخاص بنا كسلسلة بت بطول 156 بت تتألف من ثلاثة أجزاء ، هم X_0, Y_0, r حيث X_0 و Y_0 هما القيم الابتدائية و r هو معامل النظام . كما هو موضح في الخوارزمية التالية :

$$\begin{aligned} Key(1) &= k(1) \oplus k(156) \\ \text{For } i &= 2: 156 \\ Key(i) &= key(i - 1) \oplus k(i) \quad (7.2) \\ \text{end} \end{aligned}$$

2.3.5.2 الخلط و الانتشار :

الخلط والانتشار (Diffusion and confusion) يهدف خطوة الخلط إلى تقليل الارتباط العالي بين وحدات البكسل المتجاورة في الصورة الأصلية. يُعتبر الانتشار خاصية أساسية في مجال التشفير. يجب على نظام التشفير أن يضمن تحقيق مستوى عالٍ من الانتشار، حيث إذا تم تعديل بت واحد في الصورة النصية العادية، ينبغي أن تتغير الصورة النصية المشفرة بالكامل. [40]

تتم الإشارة إلى الصورة الأصلية المراد تشفيرها بواسطة $P (M \times N \times L)$ ، حيث:

M و N : تمثلان الارتفاع.

P : تمثل العرض.

➤ L : تمثل مكونات اللون الأحمر والأخضر والأزرق للصورة الملونة.

وفق المعادلة التالية :

$$K = \begin{cases} M.N.L & \text{if P is logical} \\ M.N.L.8 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8.2)$$

يتم استخدام التسلسل الفوضوي Y للخلط الأول وفقاً للمعادلات التالية:

$$\begin{aligned} [V(1, \dots, K), W(1, \dots, K)] &= \text{sort}(Y(1, \dots, K)) \\ P_{Conf}(1, \dots, K) &= P_{Bin}(W(1, \dots, K)) \end{aligned} \quad (9.2)$$

حيث تمثل V قيم السلسلة Y بعد ترتيبها إما بشكل تصاعدي أو تنازلي، بينما تمثل W المواقع الأصلية لهذه القيم. يتم إجراء الخلط باستخدام الشعاع للحصول على الصورة المخلوطة .

بعد الانتهاء من عملية الخلط الأولى، تبدأ مرحلة الانتشار، وذلك من خلال استخدام مجموع السلسلتين X و Y معاً للحصول على Pdiff .

$$\begin{aligned} &(X(K - D + 1, \dots, K)) \\ Z(1, \dots, K) &= [\quad + \quad] \times 10^{15} \quad (10.2) \\ &Y(K - D + 1, \dots, K) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} m = 2 & \text{if P is logical} \\ m = 256 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} P_{Diff}(1) &= P_{Conf}(1) \oplus P_{Conf}(K) \oplus Z_{Bin}(1) \\ &\text{for } i = 2, \dots, K \\ P_{Diff}(i) &= P_{Conf}(i) \oplus P_{Conf}(i - 1) \oplus Z_{Bin}(i) \\ &\text{end} \end{aligned} \quad (11.2)$$

بعد عملية الانتشار نقوم بتطبيق الخلط الثاني على P_{Diff} للحصول C_{Bin} حسب المعادلات التالية:

$$[H(1, \dots, K), F(1, \dots, K)] = sort(X(1, \dots, K)) \quad (12.2)$$

$$C_{Bin}(1, \dots, K) = P_{Diff}(F(1, \dots, K)) \quad (13.2)$$

عند الانتهاء من عملية الخلط والانتشار نقوم بتحويل الشعاع الثنائي الى الصورة المشفرة C.

6.2 قياس أداء خوارزمية التشفير :

بمجرد تشفير الصورة، يصبح من الضروري تقييم مستوى أمانها. في هذا القسم، سنقدم تعريفًا لمقاييس الأمان المعروفة المتعلقة بتشفير الصور.

1.6.2 المدرج التكراري :

يوفر المدرج التكراري (Histogram) تمثيلًا رسوميًا لتوزيع قيم البكسل من خلال عرض عدد البكسلات المرتبطة بكل مستوى رمادي. غالبًا ما يُستخدم هذا التمثيل كأداة لتقييم توزيع البيانات بشكل نوعي، مما يساعد في تحليل مقاومة نظام التشفير للهجمات الإحصائية. لضمان فعالية نظام التشفير، يجب أن يخفي هذا المقياس أي معلومات بارزة تتعلق بالصورة الأصلية أو العلاقة بينها وبين الصورة المشفرة.

2.6.2 معامل الارتباط :

الارتباط (Correlation) بين البكسلات المجاورة يعد مقياسًا يُستخدم لمراقبة العلاقة بين البكسلات في الاتجاهات الأفقية والعمودية والمائلة للصورة المشفرة. يجب أن تلغي خوارزمية التشفير هذا الارتباط، حتى يصبح النظام آمنًا، مما يجعل من الصعب على الهجمات الإحصائية استغلال هذه العلاقة بين البكسلات المجاورة. و يتم حسابه وفقا لمعادلة التالية :

$$Corr(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} (x_i - \mu_x) \times (y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} (x_i - \mu_x)^2} \times \sqrt{\sum_{i=0}^{m-1} (y_i - \mu_y)^2}} \quad (14.2)$$

لتقييم جودة التشفير، يتم حساب الارتباط بين صورة واضحة بحجم (M X N) ، ونسختها المشفرة وفقاً للمعادلة التالية :

$$C(I, J) = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} ((I(i, j) - \bar{I}(i, j)) \times (J(i, j) - \bar{J}(i, j)))}{\sqrt{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} ((I(i, j) - \bar{I}(i, j))^2} \times \sqrt{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (J(i, j) - \bar{J}(i, j))^2}} \quad (15.2)$$

3.6.2 الإنتروبيا :

إنتروبيا شانون هي مقياس يُستخدم لتحديد كمية المعلومات، وتساعد في تقييم الطبيعة العشوائية لتوزيع البكسلات. يجب أن تكون إنتروبيا المعلومات في الصورة المشفرة 8 بتات للصور ذات المستوى الرمادي و1 بت للصورة الثنائية. إذا كان مخطط التشفير ينتج صورة مشفرة بإنتروبيا معلومات أقل من 8 بتات للصور الرمادية أو أقل من 1 بت للصورة الثنائية، فإن ذلك يشير إلى إمكانية التنبؤ بالمعلومات. يتم حساب إنتروبيا شانون وفقاً للمعادلة التالية:

$$H(m) = \sum_{i=0}^{2^n-1} p(m_i) \times \log_2 \frac{1}{p(m_i)} \quad (16.2)$$

4.6.2 تحليل حساسية مفتاح التشفير :

المفتاح التشفيري. يتم اختبار حساسية المفتاح في عمليات التشفير وفك التشفير، حيث يجب أن يكون التشفير آمناً وحساساً. يتم إجراء الاختبار باستخدام ثلاثة مفاتيح: المفتاح الصحيح ومفتاحين آخرين يختلف كل منهما عن المفتاح الصحيح بتغيير واحد فقط. في هذه الحالة، يجب أن تنتج خوارزميات التشفير وفك التشفير نتائج مختلفة.

7.2 خاتمة :

في هذا الفصل تطرقنا الى مقدمة عامة حول علم التشفير ، و ادواته ، ثم تحدثنا عن علم الفوضى

و العشوائية و الفرق بينهما ، بعد ذلك تطرقنا الى طرق التشفير بالانظمة الفوضاوية ، و ذكرنا بعض من طرقها مثل الخرائط اللوجستية و كيفية استعمال هاته الأنظمة ، و في الأخير تحدثنا عن كيفية قياس أداء خوارزمية التشفير .

الفصل الثالث:

عموميات حول الصور الطبية

1.3 مقدمة :

في عصرنا الحديث، أصبحت الصور الرقمية جزءًا أساسيًا من حياتنا اليومية. تُستخدم هذه الصور في مجالات متنوعة، بدءًا من التصوير الفوتوغرافي العادي ووسائل التواصل الاجتماعي، وصولًا إلى الأنظمة الأمنية والتطبيقات المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي والرؤية الحاسوبية. الصورة الرقمية تمثل مشهدًا بصريًا يتم تخزينه ومعالجته بصيغة رقمية، حيث تتكون من مصفوفة من الأرقام التي تعكس درجات الإضاءة والألوان في كل نقطة (بيكسل).

عندما نتحدث عن الطب، تكتسب الصور الرقمية بُعدًا أكثر عمقًا وأهمية. هنا، نشير إلى ما يُعرف بالصور الطبية أو Medical Imaging، وهو فرع متخصص من الصور الرقمية يُستخدم لتصوير داخل جسم الإنسان لأغراض التشخيص والعلاج والمتابعة. هذه الصور لا تُلتقط بواسطة كاميرات تقليدية، بل تُنتج باستخدام تقنيات متقدمة مثل :

- التصوير بالأشعة السينية XRAY
- الرنين المغناطيسي MRI
- التصوير بالموجات فوق الصوتية US

ظهرت أولى أنواع الصور الرقمية مع تطوير أجهزة المسح الضوئي في منتصف القرن العشرين، مما أتاح إمكانية مسح الصور التقليدية وتحويلها إلى صيغة رقمية. ومع ذلك، لم تدخل الصور إلى عالم الحواسيب إلا بعد تطوير أجهزة الكمبيوتر المزودة بشاشات عرض، مما سمح باستعراض معظم الصور الرقمية. على الرغم من أن الإنترنت اليوم يحتوي على مليارات الصور الرقمية، لم يكن الوضع كذلك في بدايات ظهور الشبكة. فقد كانت أولى المتصفحات التي تم تطويرها لعرض صفحات الإنترنت غير قادرة على دعم عرض الصور، مما جعل استخدام الصور ونقلها عبر الإنترنت محدودًا، حيث كانت الشبكة تعتمد في البداية على صفحات تحتوي على نصوص مكتوبة فقط. ومع تطور الإنترنت، تم تصميم أول متصفح قادر على عرض النصوص والصور معًا، ومن ثم أصبحت جميع المتصفحات قادرة على عرض الصور الرقمية

2.3 معالجة الصور الرقمية :

مصطلح "معالجة الصور الرقمية" يشير إلى معالجة الصور ثنائية الأبعاد باستخدام أجهزة الكمبيوتر. في سياق أوسع، يعني ذلك معالجة أي بيانات ثنائية الأبعاد بشكل رقمي. تُعرف الصورة الرقمية بأنها مجموعة من الأرقام الحقيقية التي تمثلها عدد محدود من البتات. تتمثل المزايا الرئيسية لأساليب معالجة الصور الرقمية في شموليتها، وإمكانية استنساخها، والحفاظ على دقة البيانات الأصلية [41].

تعتبر معالجة الصور الرقمية فرعًا مهمًا في علوم الحاسوب. يعتقد البعض أن المعالجة الرقمية تقتصر على تحسين الصور أو إضافة رسومات، لكن هذا ليس دقيقًا. التركيز الحقيقي في معالجة الصور الرقمية ينصب على التشفير الرقمي المناسب للصور وتطوير أساليب معالجة هذه البيانات. تهتم هذه العمليات بشكل مباشر بتحويل الصور أو المعلومات التي تحتويها إلى شكل يمكن استخدامه بسهولة من قبل الأجهزة الآلية، سواء كانت حواسيب أو آلات أخرى. لذا، فإن معالجة الصور الرقمية تلعب دورًا كبيرًا في فهم الصور واستخدامها. [42]

تمتاز السنوات والعقود الماضية بتطوير العديد من التقنيات المخصصة لمعالجة الصور، حيث تم تصميم معظم هذه التقنيات بهدف تحسين الصور المستخرجة من المركبات الفضائية والمسابر الفضائية ورحلات الاستطلاع العسكرية. اليوم، أصبحت أنظمة معالجة الصور شائعة بفضل توافر أجهزة الكمبيوتر القوية، بالإضافة إلى توفر أجهزة الذاكرة ذات السعة الكبيرة وبرامج الرسوميات المتقدمة. وقد تم استخدام المعالجة الرقمية في مجالات متعددة، منها التصوير الطبي والخرائط والصور الجوية. [41]

1.2.3 مراحل نظام معالجة الصور الرقمية الطبية:

- التقاط الصور باستخدام أجهزة التصوير الطبية مثل الأشعة السينية، الرنين المغناطيسي، والتصوير بالموجات فوق الصوتية [42] [43].
- تعديل الصور بهدف تحسين جودتها ووضوحها، ويتضمن ذلك تصحيح الألوان وتقليل الضوضاء .
- تقسيم الصورة لفصل المعلومات الهامة عن الخلفية [43] [42]
- استخراج الميزات أو الصفات من الصورة [43] [42].
- تحليل الصورة لتفسير واستخراج المعلومات الطبية [42] [43]
- تعزيز دقة التشخيص الطبي وتصحيح أي أخطاء محتملة.
- تخزين الصور الطبية بطريقة آمنة، مع إمكانية مشاركتها بين أعضاء الفريق الطبي .
- إعداد تقارير طبية مفصلة بناءً على المعلومات المستخرجة من الصور الطبية .
- تُعتبر معالجة الصور الطبية خطوة أساسية لتحسين دقة التشخيص، وتوجيه العلاج، ومتابعة التطورات

الصحية، مما يعزز رعاية المرضى ويُحسن جودة الخدمات الصحية.

2.2.3 المعالجة المبدئية :

هي مجموعة من العمليات التي تهدف إلى تجهيز البيانات لتحليلها لاحقاً وتصحيح الأخطاء بطرق هندسية أو غيرها. تختلف التقنيات المستخدمة في هذه المرحلة وفقاً لطبيعة المعلومات التي نرغب في استخراجها من الصورة، حيث ترتبط العمليات المستخدمة في تحسين البيانات بنوعها والغرض من تحليل الصورة. تشمل هذه العمليات استخدام تحويلات فورييه، والترشيح، وتحسين التباين في الصورة. المعالجة المبدئية [43]

3.2.3 كشف حواف الصور :

كشف الحواف هو عملية أساسية في معالجة الصور، حيث يتضمن استخدام طرق رياضية متنوعة تساعد في تحديد نقاط الصورة التي تتميز بإضاءة أعلى من المناطق المحيطة بها. يتم اكتشاف الحواف من خلال تقنية تُعرف بالتأثير، حيث تُعتبر الحافة هي النقطة التي تشهد أكبر تغيير في الدالة. بعض عمليات كشف الحواف تتضمن أيضاً ما يُعرف باتجاه الحافة وقيم الحافة. [43]

4.2.3 ترشيح الصور الرقمية :

الترشيح هو عملية تمرير صورة عبر معالجة كل بكسل من بكسلاتها بهدف الحصول على تأثير معين. تتضمن هذه العملية دالة رياضية تأخذ قيم البيكسلات اللونية وتحسب منها قيمة لونية جديدة واحدة. تُطبق هذه الدالة على كل بكسل في الصورة المراد ترشيحها. خلال هذه العملية، يتم اعتبار البيكسلات كمتجهات لونية ثلاثية أو رباعية الأبعاد

تتضمن عملية الترشيح المطبقة على القيم العددية لوحدة الصورة، استناداً إلى شدة الإضاءة لوحدة الصورة المجاورة، ما يعرف بتحسين الصورة المكاني. هذا التحسين يتعامل بشكل كبير ومباشر مع التردد المكاني. [43]

يمكن أن تحتوي بيانات الصورة الرقمية على مكونات ذات تردد مكاني عالٍ في جزء منها، بينما تحتوي على مكونات ذات تردد مكاني منخفض في جزء آخر. تمثل هذه الأخيرة تغييرات تدريجية في القيم الرقمية على مساحة واسعة من الصورة أو على عدد كبير من وحدات الصورة، مما يعني وجود تغير تدريجي في شدة الإضاءة، وتُعرف هذه المناطق بالمناطق الناعمة. في المقابل، تمثل البيانات ذات التردد المكاني العالي تغييرات سريعة في القيم الرقمية على مساحة صغيرة من الصورة، مما يعني أنها تعكس بشكل مباشر تحولات كبيرة في التدرج الرمادي للصورة، وتُسمى هذه المناطق بالخشنة. [43]

يمكن توضيح اختلافات التردد المكاني على النحو التالي.

تردد مكاني معدوم: يشير إلى صورة مبسطة حيث تحمل جميع وحدات الصورة نفس القيمة الرقمية [43]
تردد مكاني منخفض: يعني أن الصورة تتميز بتغير طفيف تدريجي في المستوى الرمادي لوحدات الصورة [43].

تردد مكاني عالي: يدل على صورة رقمية تحتوي على وحدات صورة باللونين الأبيض والأسود [43]
 تم تصميم نوعين من المرشحات أحدهما لإبراز المعالم ذات التردد المكاني المنخفض، والآخر لإبراز المعالم ذات التردد المكاني العالي وهما:

1.4.2.3 مرشحات التمرير لعالي

تُعرف أيضًا بمرشحات تعزيز الحواف، حيث تعمل على إبراز المعالم الحدودية. يتم ذلك من خلال زيادة التباين في درجات الرمادي بين وحدات الصورة المتجاورة، وتُستخدم بشكل واسع في التعرف على الظواهر الجيولوجية .

2.4.2.3 مرشحات التمرير المنخفض

تُستخدم هذه المرشحات في الأجزاء من الصورة التي تشهد تغيرًا كبيرًا في القيم الرقمية لوحدات الصورة المتجاورة. يمكن تقليل هذا التغير باستخدام هذه المرشحات، مما يساعد أيضًا في التخلص من الضجيج الناتج عن وجود قيمة رقمية مرتفعة جدًا مقارنة بالقيم المجاورة. كما أن استخدام هذا النوع من المرشحات يؤدي إلى إزالة التفاصيل الدقيقة في الصورة وتغطية الحواف والحدود، مما يؤثر على وضوح الصورة. [43]

5.2.3 تنعيم الصور

تسعى عمليات تنعيم الصورة إلى تحقيق هدفين رئيسيين: الأول هو زيادة نعومة الصورة، والثاني هو تقليل الضجيج. كما تُستخدم هذه العمليات لتخفيف التأثيرات غير المرغوب فيها التي قد تظهر في الصورة الرقمية. وتُنفذ عمليات التنعيم في كل من المجالين التماثلي والترددية. . [43]

6.2.3 التحسين بالألوان

يعتبر استخدام الألوان في عرض وتحسين الصور الرقمية أمرًا بالغ الأهمية في معالجة الصور ذات نطاقات الطيف المتعددة. حيث يمكن لمحلل الصور استخراج معلومات أكثر عند النظر إليها لتفسيرها وتصنيفها. على الرغم من أن العين البشرية محدودة القدرة في تمييز درجات الرمادي، إلا أنها تتمتع بقدرة

عالية على تمييز الألوان. وتستخدم جميع الأنظمة المعتمدة في عرض الصور الرقمية نظام إضافة الألوان المركبة، الذي يعتمد على الألوان الأساسية الثلاثة: الأحمر، الأخضر، والأزرق.. [43]

تُعتبر إحدى طرق تحسين الصورة لتسهيل قراءتها وتفسيرها هي استخدام أعداد رقمية معينة تعبر عن ألوان محددة. وهذا يؤدي إلى زيادة التباين في القيم الرقمية بالنسبة لوحداث الصورة المحيطة بها. يمكن تحويل الصورة بالكامل من الأبيض والأسود إلى صورة ملونة، حيث تعكس الألوان الطبيعية في الصورة الأعداد الرقمية في نطاق الطيف الذي يبرز هذه الألوان بشكل حقيقي، مما يجعل الأجسام الزرقاء تظهر باللون الأزرق، والأجسام الخضراء باللون الأخضر، والأجسام الحمراء باللون الأحمر. من ناحية أخرى، تعتمد تقنية الألوان غير الحقيقية على تخصيص ألوان للأعداد الرقمية تختلف عما تعكسه فعليًا من الطيف الضوئي كما يراه الإنسان. ومن مميزات هذه التقنية أنها تساعد في تسليط الضوء على ظواهر أرضية معينة أثناء تفسير الصورة، من خلال إبراز هذه الظواهر بألوان أكثر وضوحًا. [43]

7.2.3 تحسين الإضاءة في الصور

تعتبر من أهم عمليات التي تحدث قبل المعالجة في مختلف تطبيقات معالجة الصور ونذكر منها

على سبيل المثال [43]

معالجة الصور الثابتة: قد تكون الإضاءة أثناء التقاط الصورة غير مناسبة، مما يؤدي إلى عدم وضوح المعالم بشكل جيد.


أنظمة مراقبة الحركة: أي تغيير في الإضاءة يمكن أن يزيد من معدل الكشف الخاطئ للحركة .

يُعتبر تحسين الإضاءة باستخدام تقنية الهستوغرام (Histogram Equalization) من أفضل الطرق المعتمدة في هذا المجال. هذه التقنية تعكس عدد مرات تكرار قيمة لونية معينة في الصورة، وتوضح احتمال ظهور هذه القيمة. تكمن فائدة هذه التقنية في زيادة التباين في الصور ذات التباين المنخفض، مما يؤدي إلى تحسين ملحوظ في جودة الصورة. الهدف من عملية التحسين هو توزيع الإضاءة بشكل متوازن

أي جعل الهستوغرام مستويًا تقريبًا [43]

3.3 أنواع الصور الطبية

أصبحت الصور الطبية تلعب دورًا حيويًا في تحسين التشخيص وتقييم مراحل الأمراض، بالإضافة إلى التأكد من فعالية العلاج. هناك أربعة أنواع رئيسية من الصور الطبية: الأشعة السينية، الموجات فوق الصوتية، الرنين المغناطيسي، وصورة الماسح الضوئي، كما هو موضح في الشكل 1.3:

صورة الماسح الضوئي	صورة الرنين	صورة	صورة شعاعية
SCAN	IRAM	US	XRAY
			

شكل 1.3: مختلف أنواع الصور الطبية المستعملة

1.3.3 التصوير الاشعاعي (X Ray):

يعتمد مبدأ التصوير الشعاعي على استخدام الأشعة السينية لعرض صور للعظام والأنسجة الرخوة، وذلك من خلال الاستفادة من الأشعة الكهرومغناطيسية. يُستخدم التصوير الشعاعي في تشخيص الأمراض والإصابات. [44]



الشكل 2.3: جهاز التصوير الاشعاعي

2.3.3 التصوير بالموجات فوق الصوتية (US) :

التصوير بالموجات فوق الصوتية هو تقنية طبية تُستخدم لإنشاء صور للأعضاء والأنسجة الداخلية بواسطة الموجات الصوتية عالية التردد. تُعتبر هذه التقنية آمنة وغير مؤلمة، وتستخدم على نطاق واسع لمراقبة الجنين أثناء الحمل، بالإضافة إلى فحص الأعضاء مثل الكبد والكلى والقلب. [45]



الشكل 3.3: جهاز التصوير

بالموجات فوق صوتية

3.3.3 التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) :

التصوير بالرنين المغناطيسي هو تقنية طبية تعتمد على استخدام حقول مغناطيسية قوية وموجات راديوية لإنشاء صور دقيقة للأعضاء والأنسجة الداخلية. [46]

تتيح هذه التقنية أيضًا تمييز المركبات الكيميائية في الأنسجة المختلفة واكتشاف الأمراض الخبيثة. على الرغم من فعاليتها، إلا أن استخدامها ليس شائعًا نظرًا لتكلفة الأجهزة المرتفعة وتعقيد البنية التحتية المطلوبة.



الشكل 4.3: جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي

4.3.3 تصوير الماسح الضوئي (SCAN) :

تصوير الماسح الضوئي هو تقنية تُستخدم لتحويل صور الهياكل الداخلية للجسم إلى صيغة رقمية، وذلك من خلال استخدام أجهزة المسح الضوئي الطبية مثل الأشعة المقطعية. [47]

4.3 الأنماط الشائعة لملفات الصور الطبية**• DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine):**

يمتاز بقدرته على دمج البيانات السريرية، بما في ذلك المعلومات الطبية وبيانات المرضى، كما يدعم الصور متعددة الأبعاد ويتيح تخزين مجموعة متنوعة من الصور والبيانات.

**الشكل 3.5 : DICOM****• JPEG (Joint Photographic Experts Group):**

يستخدم بشكل واسع في التصوير الطبي لأغراض إعلانية وتوثيقية، إلا أنه لا يُنصح به للتشخيص الطبي الدقيق نظرًا لفقدان بعض التفاصيل أثناء عملية الضغط.

**الشكل 6.3 : JPEG**

• PNG (Portable Network Graphics):

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



الشكل 7.3 : PNG

• TIFF (Tagged Image File Format)

يدعم هذا النظام الصور بجودة عالية، وقد تكون الملفات ذات أحجام كبيرة. يُستخدم في التطبيقات التي تتطلب دقة عالية، حيث يعتمد اختيار الصيغة المناسبة على متطلبات التطبيق والغرض من استخدام الصور الطبية. يتم تحديد ذلك بناءً على حجم الملفات وجودة الصورة وقدرتها على تلبية احتياجات التشخيص الطبي.

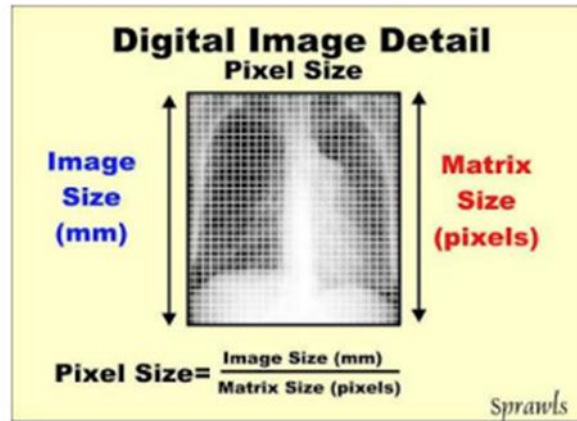


الشكل 8.3 : TIFF

5.3 تشكيل الصور الرقمية حاسوبيا

التحويل من التماثلي إلى الرقمي، أو ما يُعرف بالرقمنة، هو عملية تحويل تعتمد على الإشارات التماثلية مثل الصور والصوت والفيديو، حيث يتم دمج الصورة والصوت معًا وتحويلها إلى إشارات رقمية ليتمكن الحاسوب من معالجتها. الإشارة التماثلية تكون في شكل إشارة مستمرة تتغير في كل لحظة زمنية، بينما الإشارة الرقمية تكون متقطعة من حيث الزمن. وبالتالي، فإن التحويل الرقمي يُعتبر عملية تقريبية للإشارة. [48]

تتم عملية تحويل الصورة التماثلية إلى صورة رقمية من خلال التقطيع على المحور الأفقي والتكبير على المحور العمودي. ومن خلال هذه العملية، نحصل على مربعات صغيرة، حيث يُطلق على كل عينة مربعة الشكل اسم "بكسل"، وهو يُعتبر أصغر وحدة في الصورة الرقمية. يحمل كل بكسل لونًا واحدًا، وعند تكبير الصورة، يصبح ذلك واضحًا وفقًا لنوعية الصورة. [48]



شكل 9.3: صورة توضيحية للبيكسل

في الصور ذات البيت الواحد، يتوفر لكل بكسل عدد من القيم اللونية يساوي $2^1 = 2$ ، مما يعني أن البيكسل يمكن أن يأخذ أحد احتمالين: 0 أو 1. فإذا كانت القيمة 0، فإن لون البيكسل يكون أسود، بينما إذا كانت القيمة 1، فإن لون البيكسل يكون ابيض، حيث يتم التحصيل على مصفوفة ثنائية تمثل القيم لكل بيكسل في الصورة كما يبين الجدول التالي. [48]

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

الجدول 1.3: مصفوفة توضح تركيب الصورة الرمادية

تتضمن الصور الرمادية التدريجية بدقة 8 بت 256 قيمة لونية لكل بيكسل، حيث تتراوح هذه القيم من 0 (اللون الأسود) إلى 255 (اللون الأبيض). يعني ذلك أن كل بيكسل يحتاج إلى 8 بت، أي بايت واحد، لتخزينه في الذاكرة. وبهذا، نحصل على مصفوفة تمثل صورة رمادية تدريجية، حيث يمكن لكل بيكسل أن يأخذ قيمة لونية تتراوح بين 0 و255، كما هو موضح في الجدول التالي. [48]

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

الجدول 2.3: مصفوفة توضح تركيب الصورة الرمادية

ملاحظة: تمت كتابة الأرقام في الجدول بالنظام العشري لتسهيل الفهم، ولكنها في الواقع تُعبر عن النظام الثنائي الذي يمكن للحاسوب التعامل معه. وينطبق ذلك أيضاً على الجدول الآخر [48]

تتميز الصور الرقمية الملونة بدقة 24 بت، حيث يمكن لكل بيكسل أن يعبر عن 16,777,216 لوناً مختلفاً. يعتمد هذا النظام على ثلاثة ألوان أساسية هي الأحمر والأزرق والأخضر، ويُعرف بنظام (RGB). كل بيكسل في هذه الصور يحتوي على ثلاث قيم، حيث تتراوح قيم كل لون من 0 إلى 255، مما يتيح درجات مختلفة من الألوان من الفاتح إلى الغامق كما تم الإشارة إليه سابقاً.

في اللون الرمادي، يتم تخصيص 24 بت لكل بيكسل في الذاكرة، حيث تُقسم هذه البتات إلى 8 بت لكل لون. وعند دمجها، نحصل على 16,777,216 لون مختلف، كما هو موضح في الجدول التالي.

[48]

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

الجدول 3.3 : صورة ملونة على شكل مصفوفة

ثلاثية

6.3 خاتمة :

في هذا الفصل، تم تناول الصورة الرقمية، وخاصة تلك المتعلقة بالطب. إن معالجة الصور الرقمية في المجال الطبي تحمل العديد من الفوائد، وهي واحدة من أبرز الأسباب التي ساهمت في تطوير هذا المجال. ومن المهم الإشارة إلى أن هذه التقنية تُستخدم أيضًا في مجالات أخرى مثل الصناعات المختلفة، وتحسين الصور في البرامج، بالإضافة إلى منصات التواصل الاجتماعي وتحرير الفيديوهات وغيرها.

الفصل الرابع :

دمج طرق التشفير و العلامات

المائية لحماية الصور الطبية

4 مقدمة :

في الفصول السابقة تطرقنا الى العلامات المائية الرقمية و طرق ادراجها في الصور الطبية ، و ذكرنا اهمية العلامات الرقمية في حماية الصور الطبية و جعلها مقاومة لمختلف الهجمات السيبرانية و محاولة سرقة البيانات الطبية ذات الخصوصية العالية ، كما تحدثنا ايضا عن التشفير و طرقه خاصة التشفير باستعمال الانظمة الفوضوية واهميته التي تتجلى في توفير الحماية للصور الطبية ، في هذا الفصل ارتأينا انه من الافضل ان نقوم بالدمج بين هاتين الطريقتين (العلامات المائية الرقمية و طرق التشفير بالانظمة الفوضوية) ، وذلك لكي نقوم بتعزيز الحماية اكثر و جعلها مقاومة لاغلب الهجمات المختلفة ، حيث نقوم بتشفير العلامة المائية على اساس انها صورة ثم ادراجها داخل الصورة الطبية ، اي انه اذا تم و بطريقة ما استخراج العلامة المائية من الصورة الطبية ، سيدجد المستخرج صعوبة لاخترق هاته العلامة المائية حيث انه سيحتاج الى مفتاح سري لكي يصل الى البيانات المخزنة داخلها،وبهذا نكون قد قدمنا حماية أكثر لهذه البيانات.

في هذا الفصل سنقوم بتقديم طرق تشفير الصور بطريقة خريطة الخيمة (Tent map) ، و كيفية تطبيقها ، ثم دمج هاته التقنية مع العلامة المائية الرقمية.

1.4 مقدمة عن تشفير الصور :

تشفير الصور هو إجراء يتم من خلاله تحويل الصور إلى صيغة غير قابلة للقراءة باستخدام خوارزميات تشفير محددة، مما يجعل محتواها غير متاح إلا للأشخاص الذين يمتلكون مفتاح فك التشفير المناسب. يُعتبر تشفير الصور عنصرًا حيويًا في حماية البيانات، خاصة مع تزايد استخدام الصور الرقمية في مجالات متنوعة مثل الطب، والأمن، والاتصالات، والتخزين السحابي. لتشفير الصور يمكن استعمال الانظمة الفوضوية التي ذكرت في الفصول السابقة ، ومن النظمة الفوضوية المعروفة ما يسمى ب الخريطة الخيمة (Tent map).

في هذا الجزء سنترق الى تعريف هذه الطريقة و كيف يمكننا استعمالها لتشفير الصور الطبية.

2.4 خريطة الخيمة :

كان تشفير الصور مجالاً بحثياً جذاباً في السنوات الأخيرة. وقد اقترحت خوارزميات التشفير القائمة على الفوضى بعض الطرق الجديدة والفعالة لتطوير تقنيات تشفير الصور الآمنة. و من هذه الطرق خريطة الخيمة الفوضوية. تُظهر أنظمة تشفير الصور القائمة على هذه الخريطة بعض الأداء الأفضل. أولاً، يتم تعديل خريطة الخيمة الفوضوية لتوليد سلسلة مفاتيح فوضوية أكثر ملاءمة لتشفير الصور. ثانياً، يتم توليد

المفاتيح القائمة على الفوضى بواسطة خريطة خيمة فوضوية أحادية الأبعاد، والتي تتمتع بأداء أفضل من حيث خصائص العشوائية ومستوى الأمان. [49]

1.2.4 تعريفها :

الخريطة الخيمة هي نوع من الخرائط الفوضوية التي تُستخدم في أنظمة التشفير نظرًا لخصائصها العشوائية وحساسيتها الكبيرة للظروف الأولية. تُعتبر هذه الخرائط، بما في ذلك الخريطة الخيمة، أدوات فعالة في تشفير الصور، حيث تتمتع بقدرتها على إنتاج تسلسلات عشوائية تبدو غير متوقعة، مما يعزز من مستوى أمان التشفير.

حيث تعرف الخريطة الخيمة بالمعادلة التالية: [49].

$$x_{n+1} = \begin{cases} \mu x_n & \text{if } x_n < 0.5 \\ \mu(1 - x_n) & \text{if } x_n \geq 0.5 \end{cases} \quad (1.4)$$

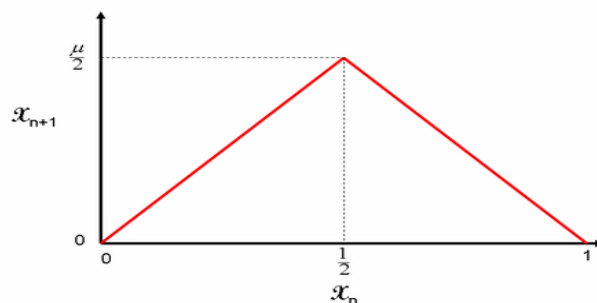
حيث :

- $x(n)$ هي قيمة المتغير في الخطوة n .

- $x(n+1)$ هي قيمة المتغير في الخطوة $n+1$.

- μ هي معلمة تتحكم في سلوك الدالة. يكون محصور بين 0 و 2 .

يمثل الشكل (1.4) شكل منحنى الخريطة الخيمة و الذي شكله يشبه لحد كبير شكل الخيمة : [49] .



الشكل (1.4) : شكل الخريطة الخيمة الفوضوية

2.2.4 خصائص الخريطة الخيمة :

للخريطة الخيمة ثلاث خصائص هي : [49]

السلوك الفوضوي : عندما تكون قيمة μ مناسبة، تظهر خريطة الخيمة سلوكًا فوضويًا، مما يعني أن القيم المتولدة تكون غير قابلة للتنبؤ وتعتمد بشكل حساس على الشروط الأولية .

الحساسية للشروط الأولية : تغيير طفيف في القيمة الأولية لـ $x(0)$ يمكن أن يؤدي إلى تغييرات كبيرة في القيم المتولدة لاحقًا .

التوزيع الموحد : القيم المتولدة من خريطة الخيمة تظهر توزيعًا موحدًا تقريبًا، مما يجعلها مناسبة لتوليد سلاسل عشوائية.

3.2.4 استخدام الخريطة الخيمة لتشفير الصور الرقمية :

يمكن استخدام خريطة الخيمة لتشفير الصور الرقمية باتباع الخطوات التالية [49]:

- **تحويل الصورة إلى بيانات رقمية**: تبدأ هذه العملية بتحويل الصورة الرقمية إلى مصفوفة من الأرقام، حيث يعكس كل رقم قيمة بكسل في الصورة.
- **توليد التسلسل الفوضوي**: يتم استخدام خريطة الخيمة لتوليد سلسلة من الأرقام العشوائية. يتم تحديد قيمة المعلمة μ والقيمة الأولية لـ $x(0)$ كمفتاح للتشفير. وتكون السلسلة كالاتي:

$$\{x_1, x_2, x_3, \dots\}.$$

- **تطبيع التسلسل** : تحويل التسلسل العشوائي إلى قيم صحيحة ضمن نطاق محدد (مثل 0 و 1 في تطبيقات الصور).

- **تبديل البكسلات (Permutation)**: يتم استخدام التسلسل الفوضوي لإعادة ترتيب مواقع البكسلات في الصورة .

تعديل قيم البكسل: يتم استخدام السلسلة العشوائية لتعديل قيم البكسل في الصورة الأصلية. يمكن القيام بذلك عن طريق إضافة أو طرح قيم السلسلة العشوائية من قيم البكسل، أو باستخدام عمليات رياضية أخرى مثل عملية XOR.

تشفير الصورة: بعد إجراء التعديلات على قيم البكسل، يتم الحصول على الصورة المشفرة.

فك تشفير الصورة: يتم استخدام نفس السلسلة العشوائية ومفتاح التشفير لفك تشفير الصورة، حيث يتم تعديل قيم البكسل في الصورة المشفرة من خلال تطبيق العمليات الرياضية بشكل عكسي.

4.2.4 مثال مبسط :

لنفترض أن لدينا صورة رقمية صغيرة تتكون من مصفوفة 2×2 من قيم البكسل (أرقام تمثل لون كل بكسل) :

$$[100 \ 150]$$

$$[200 \ 250]$$

بعدها قمنا بتحويل الصورة الى مصفوفة نقوم بتطبيق الخطوة السابقة :

نقوم بتوليد تسلسل و ذلك باختيار قيمة μ (معامل التحكم) لنفترض ان قيمته تكون **1.99** وذلك لتضمن لنا سلوكا فوضويا.

ثم نختار قيمة اولية $(x(0))$ ولتكن **0.3** .

$$\left\{ \begin{array}{l} u= 1.99 \\ x(0)=0.3 \end{array} \right.$$

توليد سلسلة عشوائية: نقوم بتوليد سلسلة عشوائية وفق للمعادلة **(1.4)** :

لنفترض ان السلسلة تكون من الشكل التالي :

$$. [0.9,0.2,0.7,0.5]$$

تعديل قيم البكسل :

• نستخدم عملية XOR أو أي عملية رياضية أخرى لتعديل قيم البكسل باستخدام الأرقام من السلسلة العشوائية.

• بفرض أننا قمنا بتحويل قيم سلسلة الأرقام العشوائية الى قيم عددية صحيحة بالضرب في 255 (الحد الأقصى لقيمة البكسل) اصبحت السلسلة الجديدة كالتالي:

[229,51,178,127]

نقوم بتطبيق عملية XOR بين قيم البكسل وقيم السلسلة العشوائية :

• XOR 127 = 27 100

• XOR 178 = 228 150

• XOR 51 = 151 200

• XOR 229 = 23 250

اصبحت الصورة المشفرة كالتالي :

• [228 27]

• [23 151]

فحصلنا على صورة مشفرة .

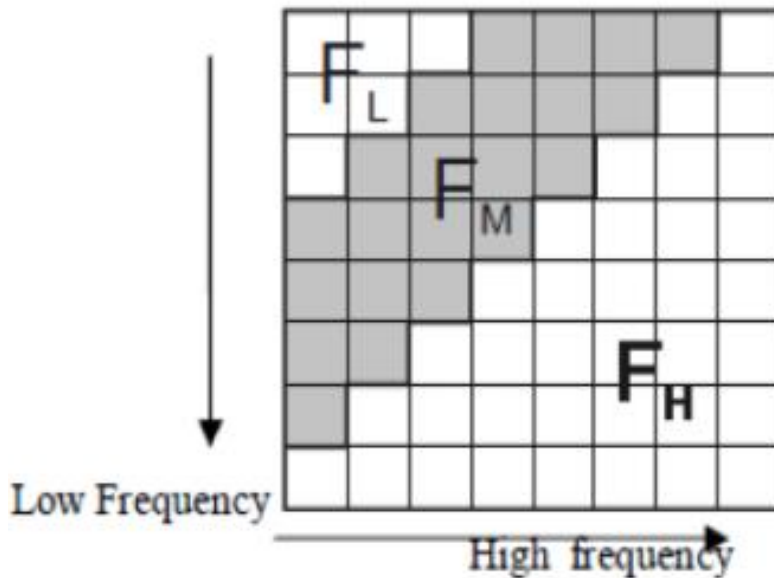
للقيام بعملية فك تشفير نقوم بتطبيق عملية XOR مرة اخرى بنفس السلسلة العشوائية لكن بالطريقة العكسية .

- كما ذكرنا سابقا اننا سنقوم بتطبيق الطريقة المذكورة اعلاه لتشفير العلامة المائية الرقمية التي تحتوي على البيانات الخاصة بالمريض ثم دمج العلامة المائية الرقمية المشفرة في الصورة .

في هذا الجزء سنتطرق الى احد الطرق الاكثر شيوعا لدمج العلامات المائية الرقمية في الصورة الطبية وهي طريقة DCT تحويل الجيب التمام المتقطع.

3.4 تحويل الجيب التمام المتقطع :

في الخوارزمية المستخدمة، يتم تطبيق تحويلة DCT ثنائية البعد على الصورة بعد تقسيمها إلى كتل بحجم 8×8 بيكسل. تم اختيار هذا الحجم لضمان متانة أكبر ضد هجمات ضغط. الشكل 2.4 يوضح مصفوفة DCT بحجم 8×8 تحتوي على 64 معاملاً. يتم اختيار اثنين من معاملات التردد المتوسط لإدماج العلامة المائية، وذلك لتحقيق عدم المرئية والمتانة في الوقت نفسه. نقوم بتعديل قيم المعاملات المختارة باستخدام عامل إدماج العلامة المائية k ، المعاملات المستخدمة هي $C_{4,3}$ و $C_{5,4}$ كما هو مبين في الشكل 2.4 ، تعديل المعاملات يتم ضبطه وفقاً لقيمة العلامة المائية المراد ادراجها، و يتم التعديل على النحو التالي. [50]



الشكل (2.4): الترددات في تحويلة الجيب التمام المتقطع ثنائي الابعاد

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

الشكل (3.4): مصفوفة DCT 8x8 ذات 64 معامل

1.3.4 مبدأ عمل خوارزميات 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 [50].

```

if( $C_{4,3} \leq C_{5,4}$ )
  Swap( $C_{4,3}$ ), ( $C_{5,4}$ )
if  $|C_{4,3} - C_{5,4}| > K$ 
  No Change
Elseif  $|C_{4,3} - C_{5,4}| < k$ 
  [ $C_{4,3} = (C_{4,3}) + \frac{K}{2}$ ]
  [ $C_{5,4} = (C_{5,4}) - \frac{K}{2}$ ]
  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 [50]:

```

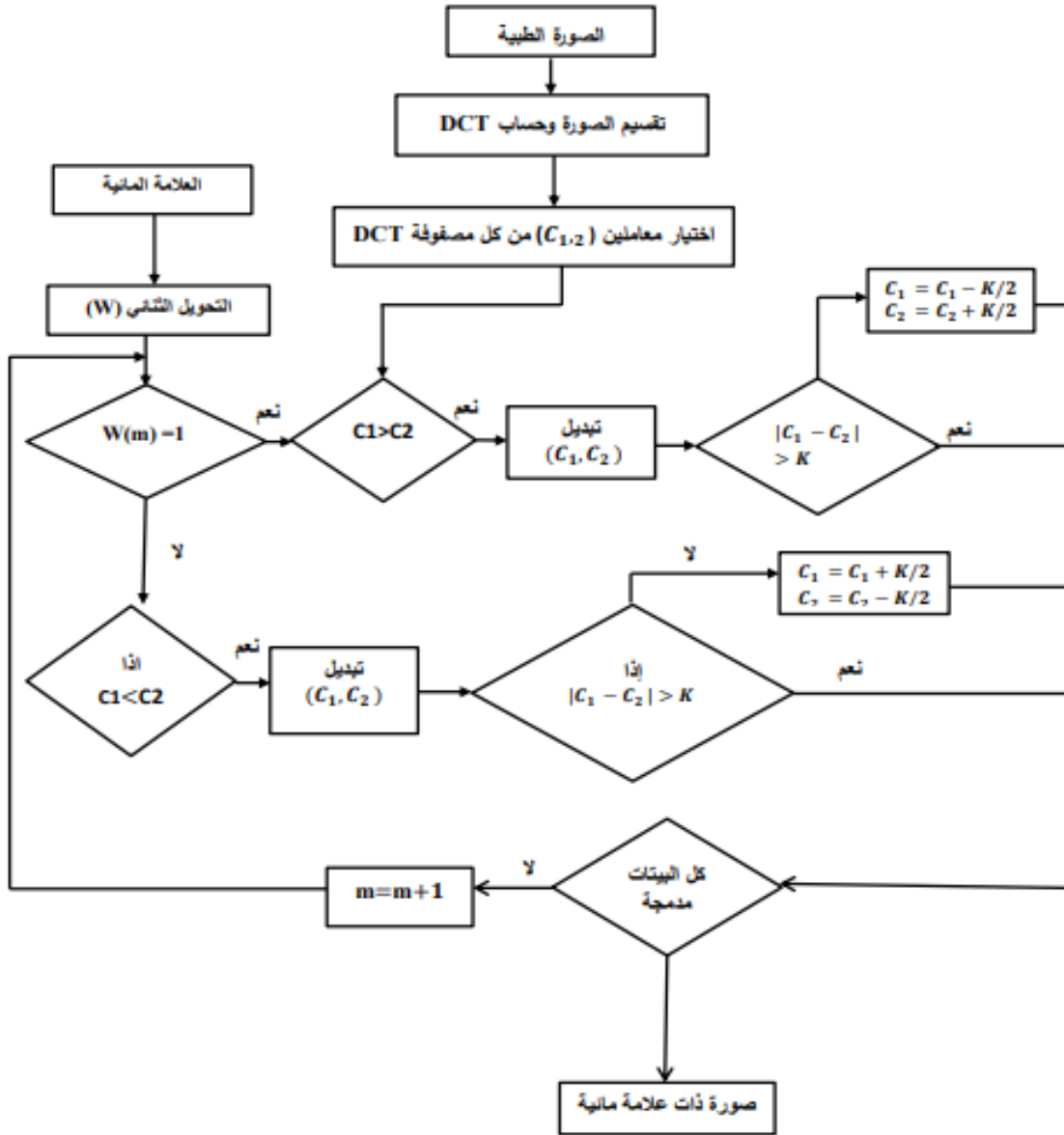
if( $C_{4,3} > C_{5,4}$ )
  swap( $C_{4,3}$ ), ( $C_{5,4}$ )
if  $|C_{4,3} - C_{5,4}| \geq K$ 
  No Change
Else If  $|C_{4,3} - C_{5,4}| < K$ 
  [ $C_{4,3}$ ] = ( $C_{4,3}$ ) -  $\frac{K}{2}$ 
  [ $C_{5,4}$ ] = ( $C_{5,4}$ ) +  $\frac{K}{2}$ 
  Endif
Endif

```

يظهر الشكل 4.4 مخطط الخوارزمية المستخدمة لإدراج البيانات. الذي يكون حسب المراحل التالية [50].

قراءة الصورة الطبية والملف الإلكتروني للمريض الذي يمثل العلامة المائية الرقمية المراد ادماجها.

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



الشكل (4.4) : مخطط الخوارزمية المستخدمة لادراج البيانات.

طريقة استخراج العلامة المائية تعتمد على تنفيذ عكسي لخوارزمية الدراج، حيث نقوم بمقارنة المعاملين C1 و C2 في تحويل الصورة التي تحتوي على العلامة المائية .

- إذا كان C2 أكبر من C1، فإن بت العلامة المائية يكون 1.
- إذا كان C2 أقل من C1، فإن بت العلامة المائية يكون 0.

4.4 خاتمة :

يعتبر دمج تقنيات التشفير والعلامات المائية وسيلة فعالة لحماية الصور الطبية، حيث يجمع بين تأمين البيانات وإضافة معلومات تعريفية للملفات. يساهم هذا الدمج في حماية خصوصية المرضى، وضمان سلامة البيانات، وتسهيل تتبع مصدر الصور.

الفصل الخامس :

محاكاة و نتائج

1.5 مقدمة :

في هذا الفصل سنقوم بتقييم عملية تشفير العلامة المائية الرقمية بطريقة خريطة الخيمة (Tent Map) و ادراجها في الصورة الطبية بطريقة الجيب التمام المتقطع المذكورة في الفصل السابق، و ذلك باستخدام حاسوب من نوع Dell يعمل على نظام تشغيل Windows 10، و يحتوي على المواصفات التالية :

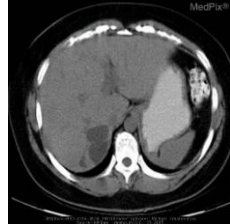
معالج من نوع intel® core™ i5-6000U 2.4GHZ ، ذاكرة RAM بحجم 8GB ، مساحة تخزين تقدر 256GB من نوع SSD ، و نظام من نوع 64-bit .

حيث تمت عملية التقييم باستعمال برنامج المحاكاة .MATLAB 2015ra.

لاتمام عملية التقييم استعملنا اربع انواع من الصور الطبية بالتدرج الرمادي (grey scale) من نوع : اشعة (XRAY) ، ماسح ضوئي (SCAN) ، رنين مغناطيسي (IRM) ، الامواج فوق الصوتية (US) ، كما هو موضح ادناه:



US



SCAN



XRAY



MRI

الشكل (1.5): الصور الطبية بالتدرج الرمادي

حجم الصور الطبية التي قمنا باستعمالها هو (1024X1024) بكسل ، بتدرج رمادي .

اما بالنسبة للعلامة المائية المراد تشفيرها بطريقة خريطة الخيمة ثم ادراجها في الصور الطبية ، هي عبارة عن بيانات من حجم (128X128) بكسل على شكل Code QR ، (Quick response code) ، او مايسمى ب رمز الاستجابة السريع ، نوع البيانات المشفرة الموجودة في Code QR هي عبارة عن رابط الكتروني كالآتي : <https://goo.by/oPsfys> ، والذي يحتوي على ملف معلومات المريض، و الموضحة في الشكلين (2.5) (3.5).



الشكل (2.5): العلامة المائية على شكل Code QR

Ministry of Health
H Medical Complex



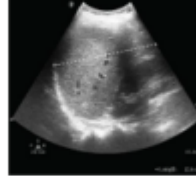
Radiology Report

CFR: 123889045

General data

Patient: Alex Kordly
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. Cordally
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.
Splenectomy.

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

الشكل (3.5) : ملف التقرير الطبي

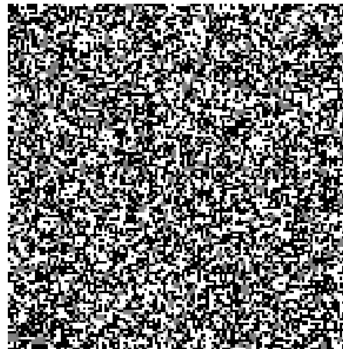
لتقييم كفاءة الخوارزمية ، اولا نقوم بمحاكاة عملية تشفير العلامة المائية بخريطة الخيمة ، ثم المقارنة بين العلامة المائية الرقمية الاصلية والعلامة المائية الرقمية المشفرة، وذلك بالقيام ببعض الدراسات اولها تحليل الهستوغرام .

2.5 تحليل المدرج التكراري :

في الشكل (5.4)، نوضح الفرق بين العلامة المائية الاصلية و العلامة المائية المشفرة بطريقة خريطة الخيمة، وكذلك العلامة المائية الرقمية بعد فك التشفير:



العلامة المائية الاصلية



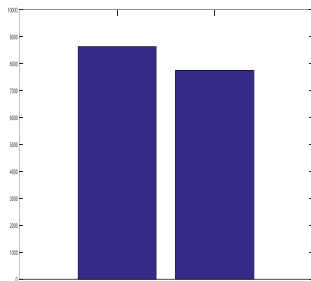
العلامة المائية المشفرة



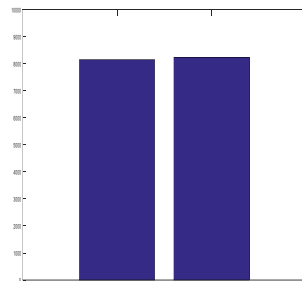
العلامة المائية بعد فك التشفير

الشكل (4.5): الفرق بين مختلف العلامات المائية الرقمية

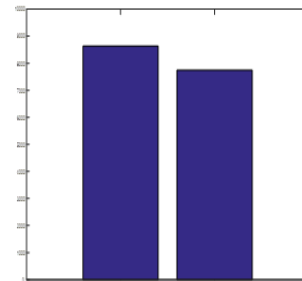
الشكل (5.5) ، يوضح تحليل الهستوغرام للعلامة المائية الاصلية ، العلامة المائية المشفرة والعلامة المائية بعد فك التشفير على التوالي:



هستوغرام العلامة المائية الاصلية



هستوغرام العلامة المائية المشفرة



هستوغرام العلامة المائية بعد فك

التشفير

الشكل(5.5) : تحليل الهستوغرام للنتائج المتحصل عليها

من نتائج تحليل الهيستوغرام نلاحظ ان العلامة المائبة الاصلية والعلامة المائبة بعد فك التشفير لهما هيستوغرامات ذات انتشار غير متساوي ،اما العلامة المائبة الرقمية المشفرة لها انتشار مسطح اي يمكن اعتباره عشوائى.

5.3 تحليل معامل الارتباط :

الارتباط هو مقياس يحدد درجة التشابه بين متغيرين. إذن هو مقياس عملي لتقييم جودة التشفير لأي طريقة تشفير .

الجدول (5.1) : معامل الارتباط للصورة الرمادية

معامل الارتباط	نوع الصورة
0.0127	العلامة المائبة

يوضح الجدول (5.1) معامل الارتباط بين العلامة المائبة الاصلية و العلامة المائبة المشفرة ، حيث نلاحظ من خلال النتائج المتحصل عليها ان الارتباط بين الصورتين صغير جدا ، وهذا يدل على فاعلية الطريقة المستعملة للتشفير، و مقاومتها للهجمات .

4.5 تحليل الانتروبيا :

كما ذكرنا سابقا ان انتروبي المعلومات يكون 8 بت للصورة الاصلية الرمادية و يكون 1 بت للصورة المشفرة و كذلك الصورة الاصلية ، اي انه اذا كانت النتائج المتحصل عليها اقل من 1 بت فان هذا يدل على وجود امكانية للتنبأ بالمحتوى. الجدول 5.2 يوضح نتائج تحليل الانتروبيا .

الجدول (5.2) : نتائج تحليل الانتروبيا

انتروبيا العلامة المائبة المشفرة	انتروبيا العلامة المائبة الاصلية
1.0000	0.9979

تظهر لنا النتائج المتحصل عليها لتحليل الانتروبيا ان النتيجة المتحصل عليها مثالية (1 بت) ، وهذا ان دل على شيء فهو يدل على ان الخوارزمية المستعملة للتشفير مؤمنة ضد الهجمات .

5.5 تحليل حساسية المفتاح :

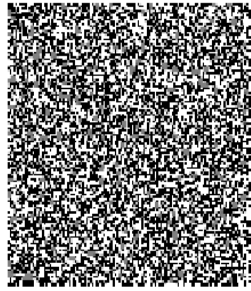
تُعتبر حساسية المفتاح في عمليات التشفير وفك التشفير مسألة مهمة للغاية. يتم اختبار هذه الحساسية لضمان الأمان الفعّال، حيث يُعتبر المفتاح الصحيح هو المفتاح الرئيسي بينما key 1 هو مفتاح آخر يختلف عن المفتاح الرئيسي ببت واحد .

يتم تقييم حساسية المفتاح من خلال الاختلافات التي تظهر في عمليات التشفير على النحو التالي :

يقارن الفرق بين الصورتين المشفرتين C1 و C2 باستخدام المفتاحين Key1 و Key2 في التعامل مع نفس الصورة الاصلية حيث يختلفان ببت واحد .



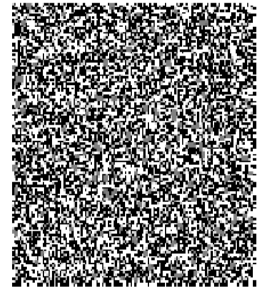
P



C1



C2



C1-C2

الشكل (6.5) : تحليل حساسية المفتاح

P: الصورة الاصلية

C1: الصورة المشفرة بالمفتاح الاول

C2: الصورة المشفرة بالمفتاح الثاني

C1-C2: الفرق بين الصورة المشفرة بالمفتاح الاول و الصورة المشفرة بالمفتاح الثاني.



الشكل (7.5) : تحليل حساسية المفتاح بعد فك التشفير

P: الصورة الاصلية

D1: الصورة بعد فك التشفير بالمفتاح الاصيلي

D2: الصورة بعد فك التشفير بالمفتاح الثاني (فرق بت واحد)

D1-D2: الفرق بين الصورتين بعد فك التشفير

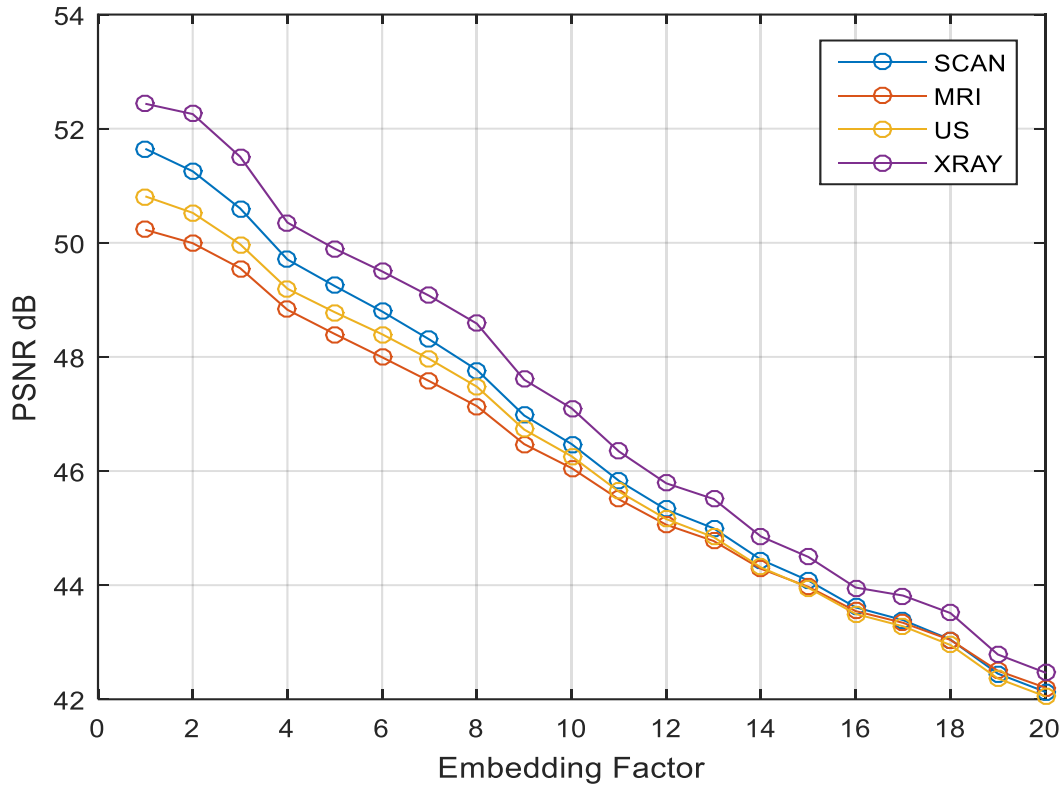
تشير النتائج إلى أن تعديل بت واحد في مفتاح التشفير يؤدي إلى تغيير شامل في الصورة المشفرة، مما يعكس حساسية عالية للمفتاح. من الجدير بالذكر أنه لا يمكن فك تشفير الصورة باستخدام مفتاح يختلف عن المفتاح الصحيح ببت واحد فقط. هذه النتائج توضح بجلاء أن خوارزمية التشفير المعتمدة على المفتاح في كل من عمليات التشفير وفك التشفير تتمتع بحساسية كبيرة.

والان بعد ما انتهينا من تحليل عملية التشفير للعلامة المائية الرقمية ، و حصولنا على نتائج جيدة تبرهن لنا مقاومة الطريقة المستعملة للتشفير (خريطة الخيمة) لمختلف الهجمات ، نتطرق الى تحليل طريقة دمج العلامة المائية في الصورة الطبية وذلك يكون حسب :

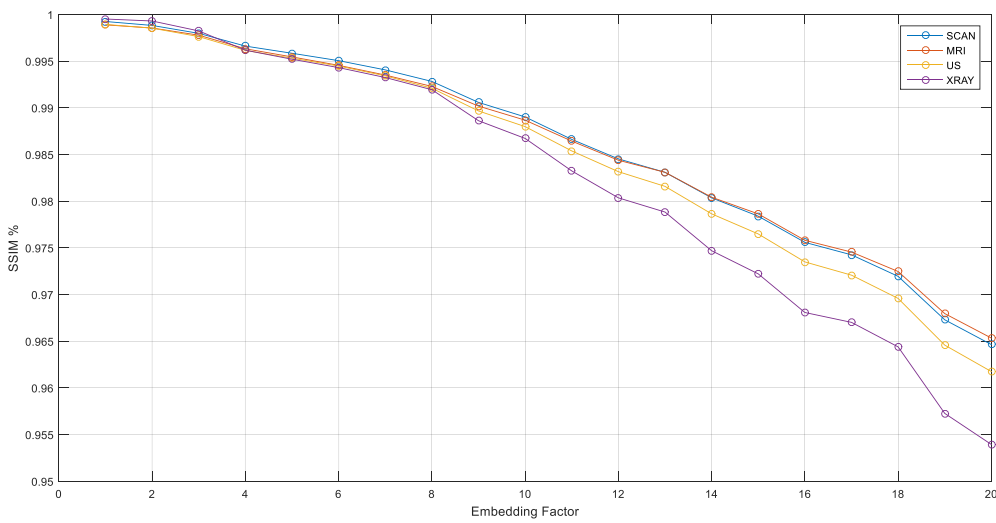
6.5 تحليل الاداء حسب معامل الادراج :

يتم حساب كل من PSNR و SSIM بين الصورة الطبية الأصلية والصورة التي تحتوي على العلامة المائية، بينما يتم حساب NCC و BER بين العلامة المائية الأصلية والعلامة المستخرجة.

الاشكال الموالية تمثل لنا منحنيات كل من PSNR ، SSIM ، بدلالة معامل الادراج على التوالي :



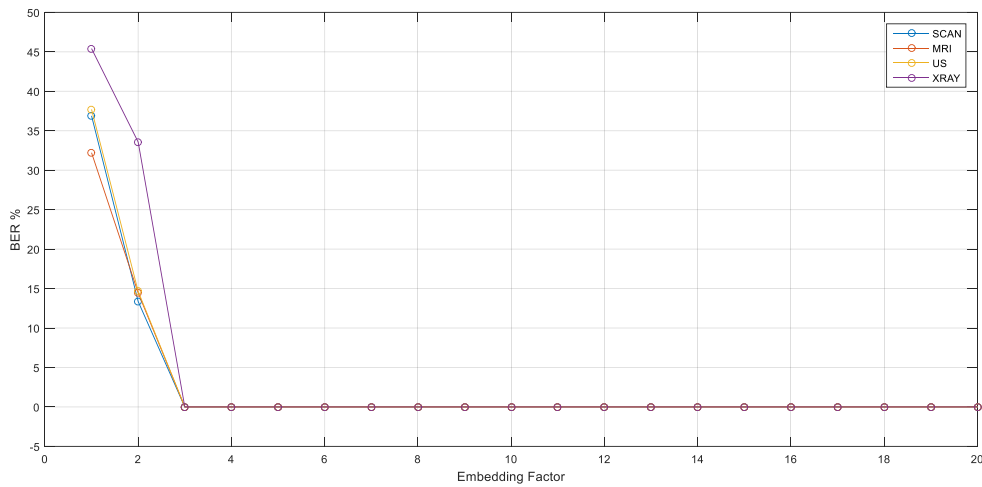
الشكل (8.5) : منحنى PSNR بدلالة معامل الادراج



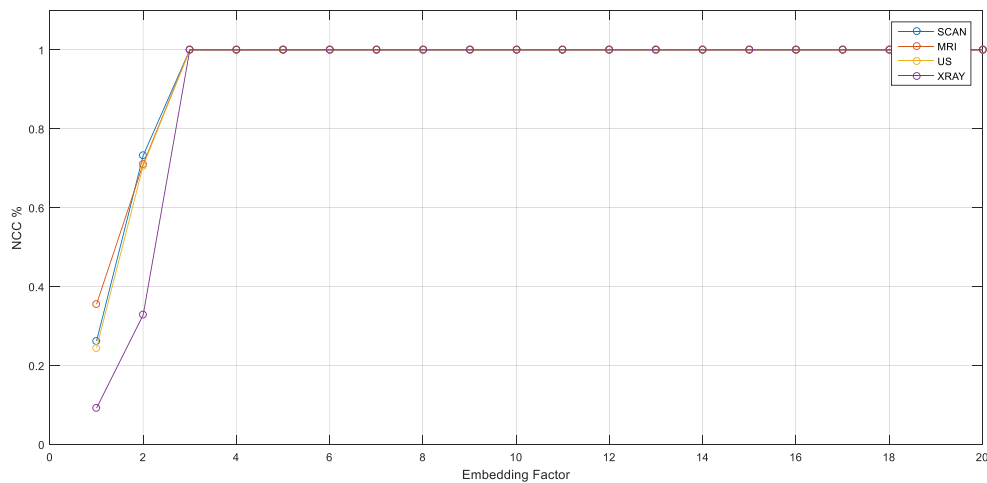
الشكل (9.5) : منحنى SSIM بدلالة المعامل K

نلاحظ ان قيمة $K=20$ تسمح باستخراج علامة مائية متطابقة مع تلك المدرجة في الصور الطبية ، حيث نتحصل على قيمة PSNR قريبة ل 40 db و ايضا قيمة جيدة لل SSIM قريبة من 1 ، و هذا يدل على فاعلية طريقة ادراج العلامة المائية المستعملة . لهذا سيتم ابقاء على قيمة $K=20$ لبقية المحاكاة.

الاشكال الموالية تمثل منحنيات المعاملات BER ، NCC بدلالة معامل الادراج على التوالي :



الشكل (10.5) : منحنى معامل BER بدلالة K

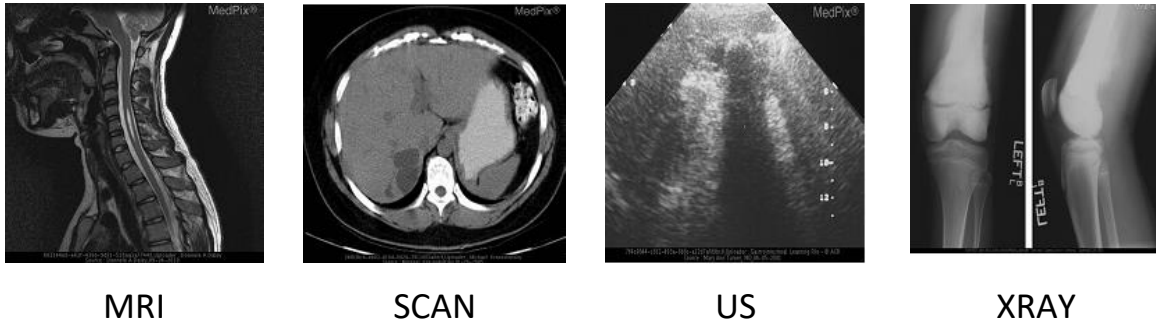


الشكل (11.5) : منحنى معامل NCC بدلالة K

نلاحظ أن القيمة $K=20$ تتيح استخراج حمولة مفيدة تتطابق مع تلك المدرجة في الصور الطبية (BER=0 NCC=1). لذلك نحافظ على قيمة K في باقي المحاكاة .

7.5 تحليل عدم المرئية:

يتم دراسة عدم المرئية في الصور الطبية الأربعة، بهدف فهم كيفية تأثير إدخال البيانات على تراجع جودة الصورة.



الشكل (12.5) : الصور الطبية بعد ادراج العلامة المائية

نلاحظ ان الصور الطبية لا تتأثر كثيرا بعد ادراج العلامة المائية.

8.5 تحليل المتانة :

لتحليل متانة طريقة وضع العلامة المائية في الصور الطبية نقوم بتجربة بعض الهجمات على الصور الطبية مثل هجوم ضغط الصور JPEG ، هجمات الضجيج SALT AND PEPPER و BERUIT . GAUSIEN .

1.8.5 تحليل المتانة ضد هجمات JPEG :

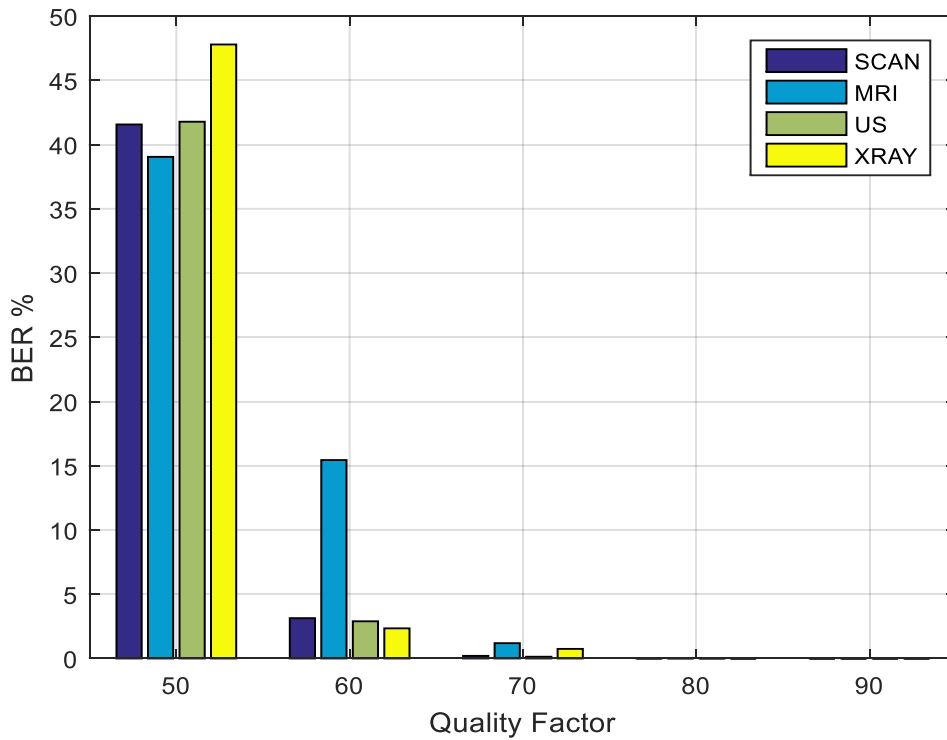
يستخدم تنسيق JPEG بشكل شائع لضغط الصور، مما يسهم في تقليل متطلبات التخزين وعرض النطاق الترددي اللازم للإرسال. نلاحظ أنه يمكننا استخراج العلامة المائية بشكل صحيح لمعامل جودة 70 وما فوق، كما هو موضح في الشكل 5.12



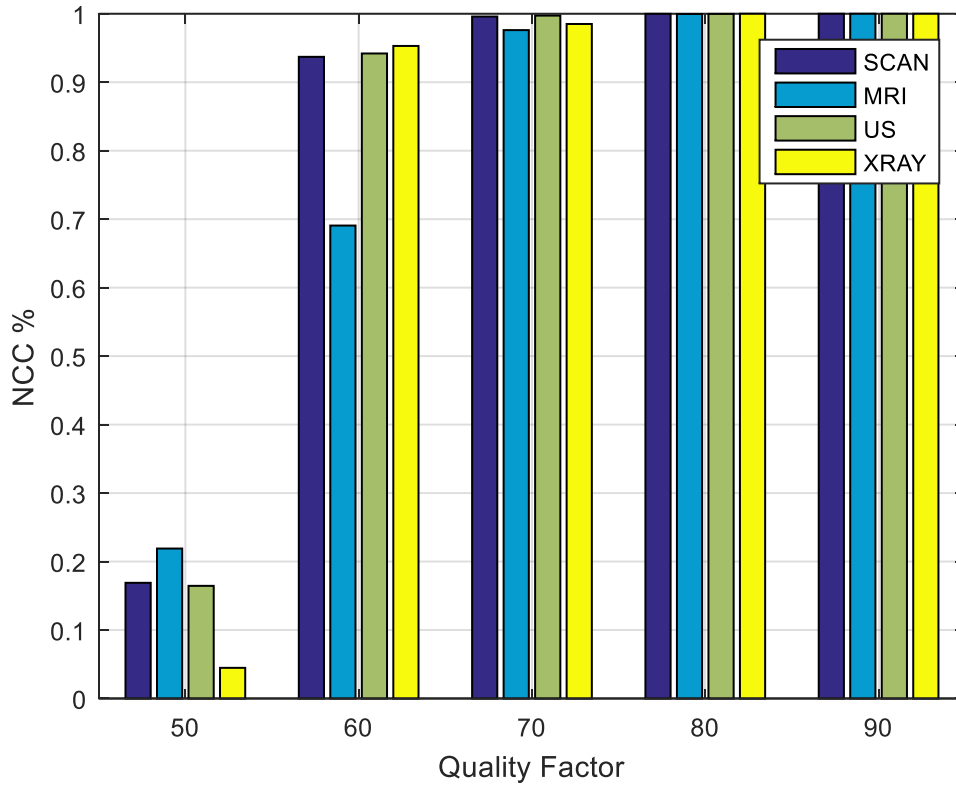
الشكل (13.5) : جودة العلامة المائية للصورة الاشعة XRAY معامل جودة فوق 70

كما نلاحظ من الشكل 5.12 ان طريقة ادراج العلامة المائية فعالة ضد الهجمة من نوع JPEG حيث انه تمكنا من استخراج علامة مائية سليمة .

في ما يلي ، الاشكال 5.13 و 5.14 تمثل علاقة المعاملات BER و NCC بتغير قيمة معامل الضغط



الشكل (14.5) : تغير قيم BER بدلالة معامل الجودة

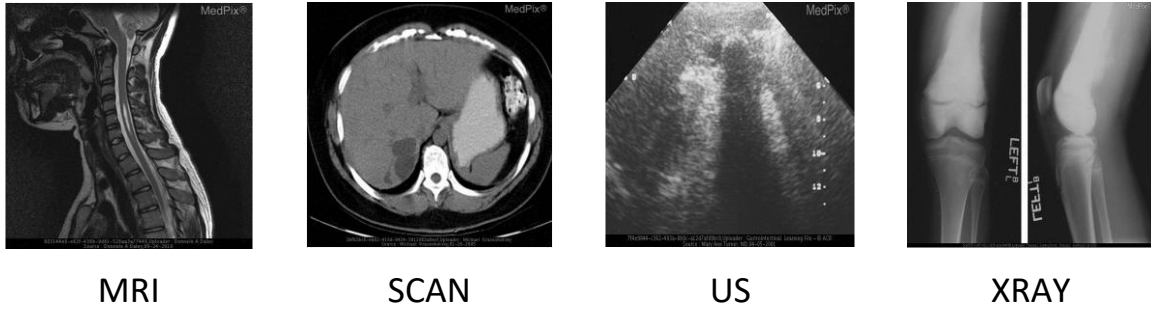


الشكل (15.5) : تغير معامل NCC بدلالة معامل الجودة

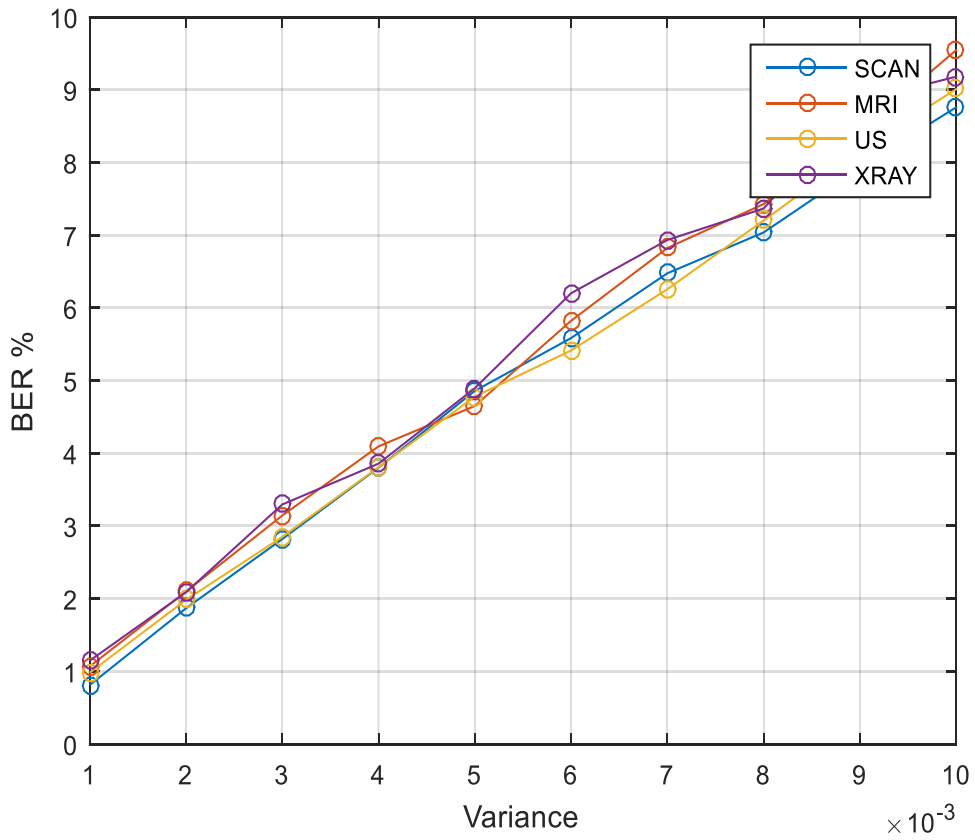
من خلال الشكلين اعلاه نلاحظ انه معامل جودة فوق 70 تكون قيم المعاملات BER و NCC مثالية اي $BER=0$ ، $NCC=1$ ، و بهذا يمكننا استخراج علامة مائية سليمة من الصور الطبية ، و هذا يثبت لنا مقاومة طريقة الادراج لهجمات JPEG .

2.8.5 تحليل المتانة ضد هجمات الضجيج :

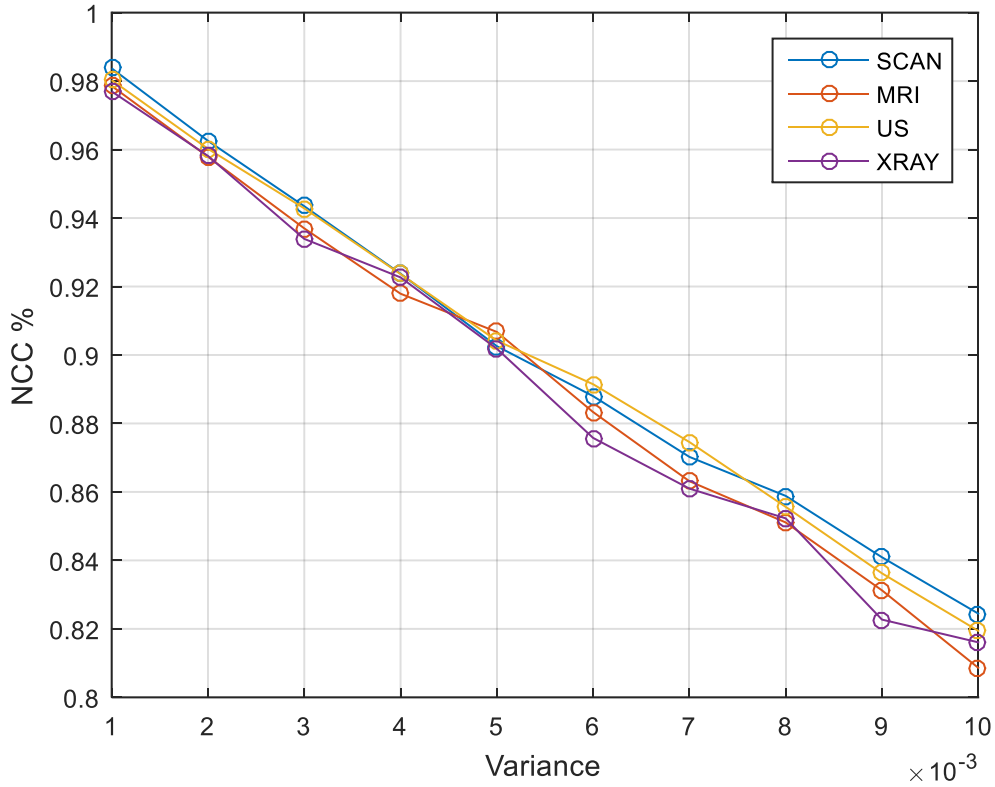
من اكثر الهجمات الشائعة نجد هجمات الضجيج ، و من بين هاته الهجمات نجد هجمات الملح و الفلفل (salt and pepper) و هجمات ضجيج غاوس (gaussian noise) ، الصور في الشكل ادناه تبين لنا صور خاضعة لضجيج الملح و الفلفل بكثافة 0.001 . حيث نلاحظ ان الصور لم تتاثر كثيرا بالضجيج تحت هاته الكثافة كما هو موضح في الصور .



الشكل (16.5): صور خاضعة لضجيج الملح والفلفل



الشكل (17.5) : منحنى تغير قيمة معامل BER بناء على سعة ضجيج الملح والفلفل

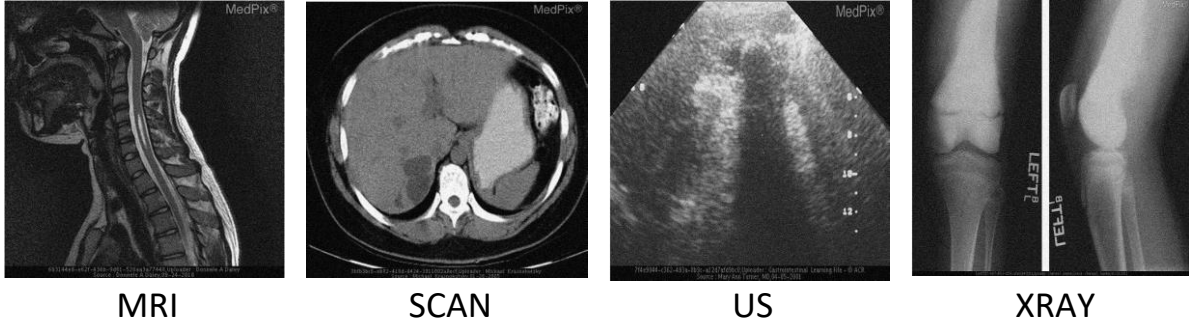


الشكل (18.5) : تباين NCC بناء على سعة ضجيج الملح والفلل

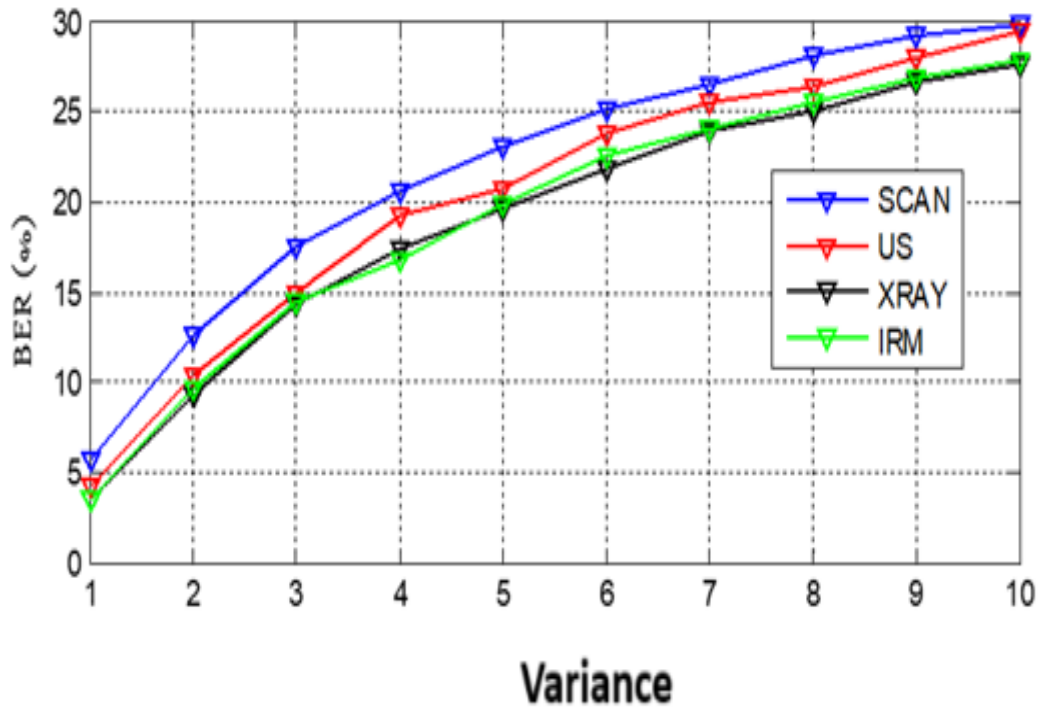
الشكلان اعلاه 5.16 و 5.17 يبينان تباين المعاملات BER و NCC بالنسبة لكثافة الضجيج (ملح و فلل) ، حيث نلاحظ أن الحمولة تُستخرج بمعدل خطأ في البت BER يتراوح بين 1.02 و 9.03، بينما تتراوح متوسط نسبة NCC بين 0.8 و 0.99 عندما تكون كثافة الضجيج بين 0.001 و 0.01. من هذه النتائج، يمكننا أن نستنتج أن طريقة إدراج العلامة المائية تتمتع بمقاومة جيدة ضد ضجيج الملح والفلل.

يبين الشكل 5.18 الصور الخاضعة لضجيج غوس (gaussian noise) ، بمتوسط صفري و تباين يساوي 0.001 .

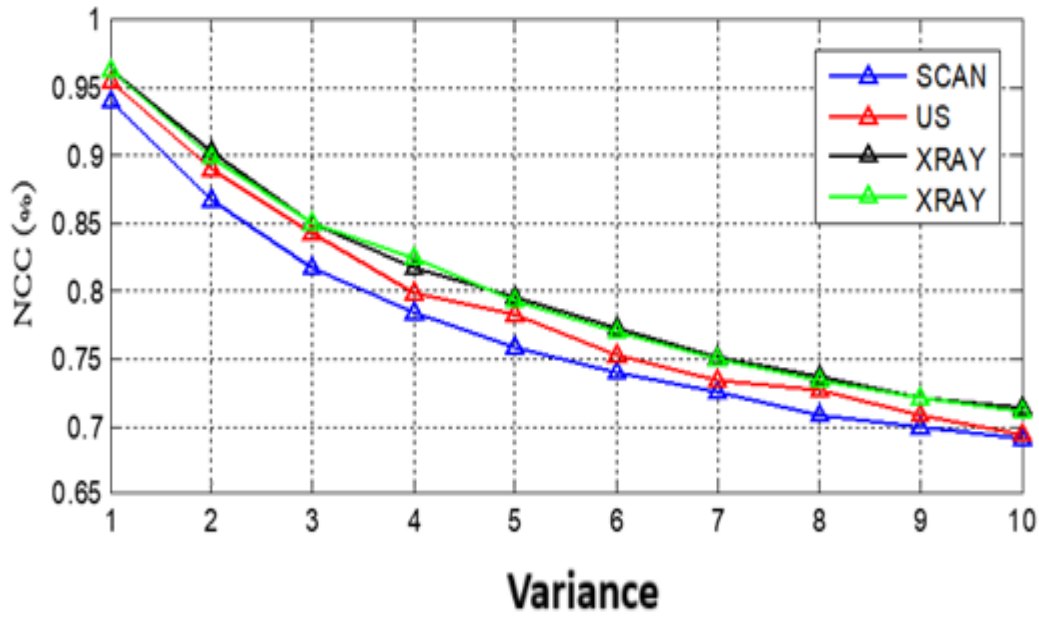
محاكاة و نتائج



الشكل 19.5 : صور خاضعة لضجيج غوسي بتباين 0.001



الشكل 20.5 : تباين BER بدلالة سعة الضجيج



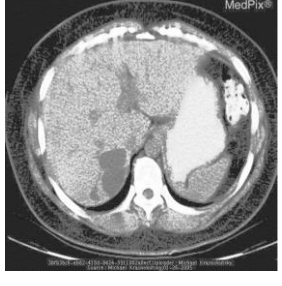







الشكل 21.5 : تباين NCC بدلالة سعة الضجيج الغوسي

يبين الشكلين 5.19 و 5.20 تباين المعاملين NCC و BER بدلالة سعة الضجيج الغوسي حيث يمكننا ملاحظة أن معدل BER يبقى أقل من 30، بينما تتجاوز نسبة NCC الـ 40 على مدى نطاق تباين الضجيج بالكامل. وبالتالي، يمكننا الاستنتاج بأن الخوارزمية تتمتع بقدرة قوية على مقاومة هذا النوع من الهجمات على الصور.

9.5 تحليل المتانة ضد هجمات تعديل المدرج التكراري :



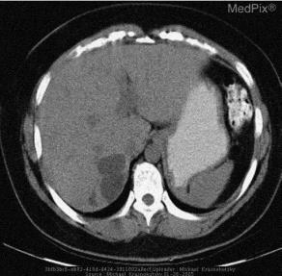





يعرض الجدول نتائج اختبار الصور الطبية المعتمدة على العلامة المائية في مواجهة هجوم تعديل المدرج التكراري. بناءً على النتائج التي حصلنا عليها، يمكننا أن نستنتج أن تقنية العلامة المائية تتمتع بفعالية كبيرة ضد هذا النوع من الهجمات.

صورة العلامة المائية بعد تعديل المدرج التكراري	العلامة المائية المستخرجة	BER	NCC
		0.7141	0.9857
		0.5554	0.9889
		0.5310	0.9893
		0.4639	0.9907

الجدول (3.5) : تحليل المتانة ضد هجمات تعديل المدرج التكراري

10.5 تحليل المتانة ضد هجمات الترشيح المتوسط :

يعرض الجدول ادناه نتائج تحليل المتانة ضد هجمات الترشيح المتوسط ، بناءً على النتائج التي حصلنا عليها، يمكننا أن نستنتج أن تقنية العلامة المائية تتمتع بفعالية كبيرة ضد هذا النوع من الهجمات.

صورة العلامة المائية بعد الترشيح المتوسط	العلامة المائية المستخرجة	BER	NCC
		0.7568	0.9848
		0.6470	0.9870
		0.3723	0.9925
		0.8179	0.9836

الجدول (4.5) : تحليل المتانة ضد هجمات الترشيح المتوسط

11.5 خاتمة :

في هذا الفصل، قمنا باتشغير العلامة المائية ثم اختبار و تقييم لطريقة التشفير حيث اولا قمنا بتحليل الهيستوغرام للعلامة المائية الاصلية والممشفرة و العلامة المائية بعد فك التشفير ، ثم قمنا با تحليل معامل الاوتباط و تحليل الانتروبيا للعلامة المائية ، ثم في الاخير تحليل حساسية المفتاح ، بعد ذلك قمنا باختبار عدم المرئية لطريقة دمج العلامات المائية في الصور الطبية الرقمية باستخدام تقنية DCT ثنائية الأبعاد. كما قمنا بقياس متانة هذه الطريقة ضد هجمات شائعة مثل ضغط JPEG، وضجيج الملح والفلفل، والضجيج الغاوسي، وتعديل المدرج التكراري. من خلال محاكاة أربع أنواع من الصور الطبية، وهي الصور الشعاعية XRAY، وصور الماسح الضوئي SCAN ، وصور الرنين المغناطيسي IRM، وصور الموجات فوق الصوتية US، نستنتج أن هذه الطريقة تُظهر قوة ملحوظة ضد الأنواع المذكورة من الهجمات، مما يجعلها فعالة في إدراج العلامات على الصور الطبية.

الخاتمة العامة

مع التقدم السريع في التقنيات الرقمية وزيادة تبادل الصور الطبية عبر الشبكات، أصبحت حماية هذه البيانات الحساسة أمرًا بالغ الأهمية. وقد أثبت دمج أساليب التشفير والعلامة المائية الرقمية فعاليته كحل شامل يوفر مستويات متعددة من الأمان. فبينما يضمن التشفير سرية الصور ويمنع الوصول غير المصرح به، توفر العلامة المائية وسيلة فعالة للتحقق من الهوية وسلامة البيانات، كما تكشف عن أي تلاعب أو تعديل في الصورة.

إن الجمع بين هاتين الطريقتين لا يعزز فقط موثوقية نظم إدارة المعلومات الطبية، بل يسهم أيضًا في حماية خصوصية المرضى والامتثال للمعايير القانونية والأخلاقية. ومع تطور التهديدات السيبرانية، يبقى هذا النهج المتكامل من أبرز الاتجاهات الواعدة التي تتطلب المزيد من البحث والتطوير، خاصة فيما يتعلق بتحسين الكفاءة وتقليل التأثير على جودة الصور وسرعة المعالجة.

في الختام، يمثل دمج التشفير والعلامة المائية مسارًا متوازنًا وفعالًا لضمان أمن الصور الطبية في البيئات الرقمية الحديثة، ويعتبر خيارًا استراتيجيًا لأي نظام صحي يسعى لحماية بياناته من التهديدات المتزايدة في العصر الرقمي.

- [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 Schyndt 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.
- [8] . P. Bas , J. M. Chassery et B. Macq. "Image watermarking: an evolution to content based approaches", Pattern Recognition 35. 545-561 : Pergamon, 2002.
- [9] . Preeti Garg et R.Rama Kishore. "Performance comparison of various watermarking technique",Multimedia Tools and Applications Vol 79.p 25921-25967 : Springer Nature, 2020.
- [10] . Thilagavathi N, et al., et al. "A survey of reversible watermarking techniques application and attacks",IEEE. 2015.
- [11] . N. Niolaidis et I. Pitas." Robust image watermarking in the spatial domain", Signal Processing 66, 385-403 : Elsevier Science, 1998.
- [12] . Abdullah Bamatraf, Rosziati Ibrahim et Mohd.Najib B. Mohd Salleh. "Digital watermarking algorithm using LSB" IEEE Xplore, 2010.
- [13] . Zhang Wenyin et Frank Y. Shih. "Semi_fragile spatial watermarking based on local binary pattern operators" , optics Communication 284, 3904-3912: Elsevier, 2011.

- [14] . Zhicheng Ni, et al., et al. "Reversible data hiding", IEEE transactions on circuits and systems for video technology, Vol. 16 ,No.3, 2006.
- [15] . Sajeer M et Ashutosh Mishra." A Robust Hybrid digital Approach Using DCT_Fast Rsvd for Medical And Non_medical application", IEEE 6Th Confrence on information and communication technology (CICT), 1-6, 2022.
- [16] . 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.
- [17] . 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.
- [18] . 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.
- [19] . Potdar, Vidyasagar M., Han, Song et Chang, Elizabeth. "A survey of digital image watermarking technique", 3rd IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 2005.
- [20] . 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
- [21] . 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.
- [22] . Rohit M. Tanki, Vedvyas J. Dwivedi et Komal R. Borisagar. "Multibiometric watermarking with compressive sensing theory", Signal and Communication Technology: Springer, 2018.
- [23] . 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.
- [24] . Falgun N. Thakkar et Vinay Kumar Srivastava. "A blind medical image watermarking", Multimed Tools Appl 76:3669-3697 : springer, 2017.
- [25] . 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.

[26] . Ze_Nian Li, Mark S. Drew et Jiangchuan Liu. "Fundamentals of Multimedia", Texte in Computer science: Springer, 2021.

[27] . Christof, Kauba et Uhl, Andreas. "Robustness evaluation of hand vien recognition systems" : IEEE Xplore, 2015.

[28] . 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.

[29] . 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

[30] . 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.

[31] . 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.

[32] . J. Pipher, J. H. Silverman, J. Hoffstein, J. Pipher, and J. H. Silverman, An Introduction to Cryptography. Springer, 2014.

[33] . R. Dumont, "Cryptographie et Sécurité informatique," Université de Liège, 2010.

[34] . G. Florin and S. Natkin, "Les techniques de cryptographie," Mars, 2002

[35] . G. Elert, "Measuring chaos," The Chaos Hypertext book, 2007.

[36] . Rafidain-AL " التشفير الفوضوي باستخدام مفتاح المقياس الحيوي " ,إ. س. جاسم ،أسامة, م. جادر

[37] . N. Hamri and T. Hamaizia, "Systemes dynamiques et Chaos," 2013.

[38] . D. Fournier-Prunaret and R. Lopez-Ruiz, "Basin bifurcations in a two-dimensional logistic map," arXiv preprint nlin/0304059, 2003.

[39] . Y. Wu, G. Yang, H. Jin, and J. P. Noonan, "Image encryption using the two-dimensional logistic chaotic map," J Electron Imaging, vol. 21, no. 1, p. 13014, 2012.

[40] . K. Bhamidipati and S. Annadurai, "Permutation–substitution-based image encryption algorithms using pseudorandom number generators," Handbook of Computer Networks and Cyber Security: Principles and Paradigms, pp. 825–848, 2020.

[41] . C.B and S.P . " An Overview on Image Processing Techniques". ScienceDirect. 2014.

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

[43] . ابتهاج 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 . .

[44] . الحمادي خالد . علم الاشعة التشخيصية : مكتبة النهضة 2020 . .

[45] . النجار , محمد . اساسيات التصوير الطبي : دار الثقافة العلمية 2018 .

[46] . القحطاني و يوسف . التقنيات المتقدمة في التصوير الطبي : دار الحرف العربي 2017 .

[47] . فناد et عماد . التصوير الطبي الحديث : دار النشر للعلوم الطبية 2019 .

[48] . ن . الالمعي . ما هي الصور الرقمية 2012 , <https://nabeel.it>

[49] . Ye, R., Guo, W.: A chaos-based image encryption scheme using multimodal skew tent maps. J. Emerg. Trends Comput. Inf. Sci. 4(10), (2013)

[50] . 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.