

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و تكنولوجيا
قسم الهندسة الكهربائية



مذكرة ماستر

علوم و تكنولوجيا
الالكترونيك
الأنظمة المضمنة

الرقم:.....

من إعداد و مناقشة الطالبة:

خنيفر فاطمة

يوم:.....

ضغط الصورة باستعمال خوارزمية الترميز Speck

لجنة المناقشة:

رئيسا	جامعة محمد خضر بسكرة	بروفيسور	د.سبع سليم
مشرفا و مقرا	جامعة محمد خضر بسكرة	أ.مح أ	د.زيتوني عثمان
مناقشا	جامعة محمد خضر بسكرة	بروفيسور	د.بن عكشة عبد الحميد

السنة الجامعية: 2020/2019

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم والبحث العلمي



جامعة محمد خيضر بسكرة

كلية العلوم و تكنولوجيا

قسم الهندسة الكهربائية

فرع: الكترونيك

تخصص: الأنظمة المضمنة

مذكرة التخرج لنيل شهادة:

ماستر

الموضوع

ضغط الصورة باستعمال خوارزمية الترميز Speck

موافقة الأستاذ المشرف:

أ.مح.أ. زيتوني عثمان

إعداد الطالبة:

حنيفر فاطمة

موافقة رئيس لجنة المناقشة:

بروفسيور سبع سليم

التوقيع و الختم

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم والبحث العلمي



جامعة محمد خيضر بسكرة

كلية العلوم و تكنولوجيا

قسم الهندسة الكهربائية

فرع: الكترولنيك

تخصص: الأنظمة المضمنة

مذكرة التخرج لنيل شهادة:

ماستر

الموضوع

ضغط الصورة باستعمال خوارزمية الترميز Speck

مقترح من طرف: د. زيتوني عثمان

الإشراف: د. زيتوني عثمان

ملخص:

يتم التقديم في هذا البحث طريقة من الطرق الضغط باستخدام المويجات و هي خوارزمية الترميز speck كأحد حلول لتقليل حجم البيانات الرقمية و لتحسين قدرات الارسال أو تخزين المعلومات.

تعتمد الخوارزمية على التحويل المويجي المتقطع والترميز باستخدام كتل ومناطق مستطيلة متغيرة ، بحيث أثبتت نتائج المعالجة كفاءة الأداء للخوارزمية.

الكلمات المفتاحية: الضغط، الترميز، التحويل المويجي، speck.

Abstract:

In this paper, it has been proposed one of the compression methods using the wavelet, which is called "the SPECK compression algorithm" as a solution to minimize the digital volume data, to improve transmitter capabilities and the information storage

The algorithm depends on Descrete Wavelet Transformation (DWT) using rectangular and variable areas .in which this method gives a good execution in compression and decompression.

The algorithm proved the processing results efficiency performance.

Keywords: compression/wavelet Transformation/SPECK/ coding.

الإهداء

إلى أُمي الحبيبة وأبي الغالي.

إلى أخوتي و جميع أقاربي و أصدقائي.

إلى كل من بذل مجهودا في تبسيط علمه باللغة العربية ليصبح ميسرا لطالب والقارئ العربي.

اهدي عملي المتواضع هذا.

فاطمة

شكر

الحمد لله أقصى مبلغ الحمد و الشكر لله من قبل ومن بعد، فمن حق النعمة الذكر، وأقل جزاء للمعروف الشكر، فبعد شكر المولى عز وجل، أتقدم بجزيل الشكر و فائق الاحترام و التقدير إلى كل من وجهني و علمني وأخص بالذكر أستاذي المشرف الدكتور "زيتوني عثمان" لقبوله الاشراف على إعداد هذه المذكرة فله مني أسمى عبارات الشكر و العرفان لما قدمه لي من نصائح وتوجيهات.

وأشكر صديقتي أمال قوادرية طالبة في كلية الأدب العربي على مجهوداتها في تصحيح هذه المذكرة لغويا و نحويا.

ولا يسعني في هذا المقام إلا تقديم كل الشكر والامتنان لأعضاء اللجنة الموقرة الأستاذ سبيع سليم و الأستاذ بن عكشة عبد الحميد.

كما أتوجه بالشكر العميق لكل من قدم لي الدعم خاصة والدي العزيزين وكل من ساندني بدعواته الصادقة.

فاطمة.

قائمة الجداول حسب الفصل:

الفصل الأول :

- الجدول 1.1 : تكوين ثنائية ترميز هوفمان 14
- الجدول 1.2 : جدول ترميز لكلمة 'texts' 16
- الجدول 1.3 : بناء قاموس لخوارزمية LZW 18

الفصل الثالث:

- الجدول 3.1 مثال لتشفير صورة باستخدام خوارزمية speck 55

الفصل الرابع:

- الجدول 4.1: أنواع المويجات المستعملة 62
- الجدول 4.2 :القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة lena بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=110) 64
- الجدول 4.3:القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة lena بتطبيق موجة دوبتشيز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=110) 64
- الجدول 4.4:القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة lena بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=110) 65
- الجدول 4.5:القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة barbara بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=112) 67
- الجدول 4.6: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة barbara بتطبيق موجة 68
- الجدول 4.7:القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة barbara بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=112) 68
- الجدول 4.8:القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة woman (256×256) بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=103) 71

- الجدول 4. 9:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة woman (256×256) بتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=103) 71
- الجدول 4. 10:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة woman (256×256) بتطبيق موجة دوبتشييز (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=103) 72
- الجدول 4. 11:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة baby girl (256×256) بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=126) 74
- الجدول 4. 12:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة baby girl (256×256) لتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=126) 75
- الجدول 4. 13:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة baby girl (256×256) بتطبيق موجة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=126) 75
- الجدول 4. 14:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة 512×512 pepper بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=108) 78
- الجدول 4. 15:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة pepper (512×512) بتطبيق موجة دوبتشييز (db) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=108) 78
- الجدول 4. 16:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة pepper (512×512) بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=108) 79
- الجدول 4. 17:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة matlab (232×232) بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=87) 81
- الجدول 4. 18:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة matlab (232×232) بتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=87) 82
- الجدول 4. 19:** القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة matlab (232×232) بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=87) 82

قائمة الأشكال حسب الفصل:

الفصل الأول :

- الشكل 1.1: تمثيل الصورة الرقمية. 5
- الشكل 1.2: الصورة النقطية (Bitmap). 6
- الشكل 1.3: الصورة المتجهة (vecteur). 7
- الشكل 4.1: تحويل من نظام RGB إلى نظام YIQ. 8
- الشكل 1.5: نموذج لمراحل عملية الضغط. 10
- الشكل 1.6: عملية الضغط بدون فقدان. 12
- الشكل 1.7: طريقة الضغط بفقدان. 12
- الشكل 1.8: تكوين الشجرة الثنائية لهوفمان. 14
- الشكل 1.9: طريقة ترميز RLE. 17
- الشكل 1.10: خوارزمية ضغط الصورة وفق المعيار JPEG. 19
- الشكل 1.11: التحويل المويجي المتقطع لصورة 8×8. 21

الفصل الثاني :

- الشكل 2.1: نافذة تحويل فورييه قصير الأمد STFT. 28
- الشكل 2.2: طريقة تحويل المويجات. 29
- الشكل 2.3: موجة مورليه Morlet. 30
- الشكل 2.4: موجة هار (Haar). 31
- الشكل 2.5: مخطط لتحليل متعدد الدقة للإشارة. 37
- الشكل 2.6: مرحلة تحليل الصورة إلى معاملات تقريبية و تفصيلية. 38
- الشكل 2.7: مرحلة تحليل الصورة إلى ثلاث مستويات من الدقة. 39
- الشكل 2.8: عملية اعادة بناء الصورة. 40

الفصل الثالث :

- الشكل 3. 1: تقسيم الصورة X إلى مجموعتين S و A 44
- الشكل 3. 2: مبدأ عمل التكميم و تحسين المعاملات 46
- الشكل 3. 3: الخوارزمية العملية للمعالجة $S()$ ProcessS 47
- الشكل 3. 4: الخوارزمية العملية لترميز $S()$ Code 48
- الشكل 3. 5: الخوارزمية العملية للمعالجة $I()$ ProcessI 49
- الشكل 3. 6: الخوارزمية العملية لترميز $I()$ Code 49
- الشكل 3. 7: عملية تقسيم المجموعة S 51
- الشكل 3. 8: عملية تقسيم المجموعة A 52

الفصل الرابع:

- الشكل 4. 1: مرحلة الضغط و فك الضغط لصورة باستغلال خوارزمية speck 58
- الشكل 4. 2: الصورة الأصلية Lena (512×512) 59
- الشكل 4. 3: الصورة الأصلية barbara (512×512) 60
- الشكل 4. 4: الصورة الأصلية Woman (256×256) 60
- الشكل 4. 5: الصورة الأصلية Baby girl (256×256) 61
- الشكل 4. 6: الصورة الأصلية peppers (512×512) 61
- الشكل 4. 7: الصورة الأصلية MATLAB (232×232) 62
- الشكل 4. 8: مستويات التحلل لصورة Woman بتطبيق موجة Haar 63
- الشكل 4. 9: الصورة المسترجعة Lena (512×512) باستعمال موجة haar(1) ، db4(2) ، bior3.3(3) عند قيمة العتبة TH/64 66
- الشكل 4. 10: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة lena 512×512 67

- الشكل 4. 11: الصورة المسترجعة barbara (512×512) باستخدام موجة haar(1),
69 TH/64 عند قيمة العتبة bior3.3(3), db4(2)
- الشكل 4. 12: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة barbara (512×512)
70
الشكل 4. 13: الصورة المسترجعة woman (256×256) باستخدام موجة haar(1)
73 TH/64 عند قيمة العتبة bior3.3(3), db4(2),
- الشكل 4. 14: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة woman 256×256 .
74
الشكل 4. 15: الصورة المسترجعة baby girl (256×256) باستخدام موجة haar(1),
76 TH/64 عند قيمة العتبة bior3.3(3)
- الشكل 4. 16: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة Baby girl 256×256 .
77
الشكل 4. 17: الصورة المسترجعة pepper (512×512) باستخدام موجة haar(1),
80 TH/64 عند قيمة العتبة bior3.3(3), db4(2)
- الشكل 4. 18: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة pepper 512×512 .
81
الشكل 4. 19: الصورة المسترجعة matlab (232×232) باستخدام موجة haar(1),
83 TH/64 عند قيمة العتبة bior3.3(3)
- الشكل 4. 20: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة matlab 232×232 .
84

قائمة الاختصارات:

A	Approximation.
CR	Compression Ratio.
CWT	Continuous Wavelet Transform.
DCT	Discrete Cosine Transform.
DD	Detail Diagonal.
DH	Detail horizontal.
DPI	Dots Per Inch.
DV	Detail vertical.
DWT	Discret Wavelet Transform.
EZW	Embedded Zerotree Wavelet.
f	Frequency.
FT	Fourier Transform.
IZ	Isolated Zero.
JPEG	Joint Photographic Expert Group.
LIP	List Of Insignificant Pixels.
LIS	List Of Insignificant Sets.
LSP	List Of Significant Pixels.
LZW	Lempel–Ziv–Welch.
MAR	MultiResolution Analysis.
MSE	Mean Squared Error.
pixel	Picture Eléments.
Ppp	Points Par Pouce.
PSNR	Peack Signal to Noise Ratio.
QMF	Quadrature Mirror Filters.
RGB	Red-Green-Blue.
RLE	Run Length Encoding.

SPECK	Set Partition Embedded bloCK.
SPIHT	Set Partitioning In Hierarchical Trees.
SQ	Scalar Quantization.
STFT	Short Time Fourier Transform.
TC	Taux de Compression.
VLC	Variable-Length Code.
VQ	Vector Quantization.
ZTR	ZeroTree Root.

قائمة الرموز:

تابع الموجة الأم	ψ
تحويل فورييه ل ψ	$\hat{\psi}(\omega)$
مجموعة الأعداد الحقيقية	\mathbb{R}
المرافق العقدي ل ψ	$\bar{\psi}$
مجموعة الأعداد الصحيحة	\mathbb{Z}
تابع القياس	Φ
الاحتواء	\subset
الالتفاف	$*$
الجمع المباشر	\oplus
الجداء السلمي	\langle , \rangle
الجزء الصحيح	$[\]$
اللوغاريتم الثنائي	\log_2
مجموعة خالية	\emptyset

قائمة المصطلحات المترجمة:

Sampling	أخذ العينات
Convolution	الالتفاف
Decorrelation	إلغاء الارتباط
Pyramidal	البنية الهرمية
Multiresolution Analysis	تحليل متعدد الدقة
Dyadic Transform	التحويل الثنائي
Continuous Wavelet Transform	التحويل المويجي المستمر
Short Time Fourier Transform	تحويل فورييه قصير الأمد
Downsampling	تخفيض العينات
Coding	الترميز
Arithmetic Coding	الترميز الحسابي
Octave Partitioning	التقسيم الثماني
Quadtree Partitioning	التقسيم الرباعي
Quantification	التكميم
Quantification Scalar	التكميم العددي
Sub-Band	الحزم/النطاقات الفرعية

قائمة المصطلحات

Algorithm	الخوارزمية
Resolution	دقة الصورة
Upsampling	زيادة العينات
Zerotree	الشجرة الصفيرية
Binary Image	الصورة الثنائية
Digital Image	الصورة الرقمية
Vector Image	الصورة المتجهة
Bitmap	الصورة النقطية
Image Compression	ضغط الصورة
Physical Compression	الضغط المادي
Logical Compression	الضغط المنطقي
Lossless Compression	الضغط بدون فقدان
Lossy Compression	الضغط بفقدان
High Frequency	عالية التردد
Threshold	العتبة
Subspaces	الفضاءات الجزئية
Decompression	فك الضغط
Vector Quantization	لتكميم المتجه
Detail	المركبات التفصيلية

قائمة المصطلحات

Approximation	المركبات التقريبية
Grayscale	المستوى الرمادي
Zig-Zag Scanning	المسح المتعرج
Digital Image Processing	معالجة الصورة الرقمية
Low Frequency	منخفضة التردد
Orthonormal Wavelet	الموجات المتعامدة
Wavelet	الموجة

قائمة المحتويات

2	.....	مقدمة عامة:
		الفصل الأول: المفهوم العام لضغط الصورة.
5	.....	1.1. المقدمة:
5	.....	2.1. الصورة الرقمية:
		1.2.1. تعريف الصورة الرقمية:
6	.....	3.1. أنواع الصورة الرقمية:
		1.3.1. الصورة النقطية (Bitmap):
		2.3.1. الصورة المتجهة (vecteur):
7	.....	4.1. أنظمة الألوان الرقمية:
		1.4.1. الصورة الثنائية (binary image):
		2.4.1. صورة متدرجة الرمادي (Grayscale):
		3.4.1. نظام RGB:
8	.....	5.1. معالجة الصورة الرقمية:
		1.5.1. معالجة الصورة الملونة (Color Image Processing):
9	.....	6.1. مفهوم ضغط الصورة:
		7.1. الغاية من عملية الضغط:
		8.1. المبادئ الأساسية لعملية الضغط:
		9.1. نموذج لمراحل عملية الضغط:
		1.9.1. إلغاء الارتباط (decorrelation):
		2.9.1. التكميم (Quantification):
		3.9.1. الترميز (Coding):

قائمة المحتويات

10	10.1. أنواع عمليات الضغط:
11	1.10.1. الضغط المادي و المنطقي:
11	2.10.1. الضغط المتماثل و غير المتماثل :
11	3.10.1. الضغط الفاقد و غير الفاقد لقيم البيانات:
13	11.1. تقنيات الضغط غير الفاقد للبيانات:
13	1.11.1. الترميز الأنتروبي:
17	2.11.1. خوارزمية RLE:
17	3.11.1. خوارزمية LZW:
18	12.1. تقنيات الضغط بفقدان قيم البيانات:
19	1.12.1. معيار الضغط JPEG:
20	2.12.1. الترميز EZW:
22	3.12.1. الترميز SPIHT:
23	13.1. المعايير لتقييم فعالية وجودة خوارزمية الضغط :
23	1.13.1. نسبة الضغط (CR,TC):
24	2.13.1. معيار خطأ الصورة MSE:
24	3.13.1. معيار نسبة الإشارة إلى الضجيج PSNR :
24	14.1. الخاتمة:

الفصل الثاني: تحويل الموجات للإشارة ذات البعدين 2D

26	1.2. المقدمة:
26	2.2. تحويل فورييه FT :
27	3.2. تحويل فورييه قصير الأمد (STFT):
28	4.2. تحويل الموجات (Wavelet Transform):
29	5.2. تعريف الموجة (Wavelet) :
31	6.2. التحويل الموجي المستمر (Continuous Wavelet Transform):
32	7.2. التحويل الموجي المنفصل (Discrete Wavelet Transforms):

33:Multiresolution analysis تحليل متعدد الدقة 8.2

37:(The pyramid of the image) مراحل بناء هرم الصورة 9.2

40 الخاتمة: 10.2

الفصل الثالث: التشفير بخوارزمية الترميز SPECK

42 المقدمة: 1.3

42:SPECK خوارزمية الترميز 2.3

42.....: الترميز SPECK 1.2.3

44: مراحل خوارزمية الترميز SPECK 3.3

45.....: (the initialization step) مرحلة التهيئة 1.3.3

45.....: (the sorting step) مرحلة التصنيف 2.3.3

45.....: (Step of refinement of the coefficients) مرحلة تحسين المعاملات 3.3.3

45.....: (The Quantization) مرحلة القياس الكمي 4.3.3

50 وصف مراحل عمل الخوارزمية: 4.3

50.....: (Quadtree partitioning) التقسيم الرباعي 1.4.3

51.....: Octave band partitioning التقسيم الثماني للحزم الفرعية 2.4.3

53.....: (Processing order of sets S) معالجة المجموعات S 3.4.3

54 فك الترميز (Decoding): 5.3

54: مثال تطبيقي لطريقة الترميز SPECK 6.3

55 الخاتمة: 7.3

الفصل الرابع: التطبيق العملي و مناقشة النتائج.

57 مقدمة: 1.4

57 خطوات البحث و طريقة العمل: 2.4

58 التطبيق العملي: 3.4

58.....: الصورة المستخدمة في الضغط 1.3.4

قائمة المحتويات

63	4.4. عرض و مناقشة النتائج:
63	1.4.4. نتائج صورة Lena 512×512:
67	2.4.4. نتائج صورة barbara 512×512:
71	3.4.4. نتائج صورة woman 256×256:
74	4.4.4. نتائج صورة baby girl 256×256:
78	5.4.4. نتائج صورة pepper 512×512:
81	6.4.4. نتائج صورة matlab 232×232:
84	7.4.4. المناقشة و الاستنتاج:
85	5.4. الخاتمة:
88	خاتمة عامة:
90	قائمة المراجع:
97	الملاحق:

مقدمة عامة

مقدمة عامة:

مع التطور الذي يشهده العالم بفضل الثورة العلمية خاصة في مجال الاتصالات أتاحت هذه التكنولوجيا إمكانية التخزين و معالجة كمية كبير من البيانات (نص، صورة، صوت أو محتوى فيديو...) ومع الاستخدام الكبير للصورة الرقمية أصبحت كمية البيانات ضخمة جدا لذلك كان من الضروري إيجاد حل أمثل للتقليل من حجم البيانات بدلا من الزيادة من سعة التخزين وهذا ما أدى بالباحثين إلى اللجوء لأسلوب الضغط كحل أمثل لأرشفة الصور من جهة و تسهيل نقلها و إرسالها من جهة أخرى .

تم تصنيف طرائق الضغط وفق نوعية البيانات إلى الضغط بدون فقدان (Lossless compression) يتميز بصورة ذات جودة عالية ولكن مع معدلات ضغط منخفضة وهي مناسبة للتطبيقات الحساسة مثل الصور الطبية وضغط النصوص وغيرها، مثال على ذلك: تقنية RLE (Run Length Encoding)، ترميز Huffman، طريقة LZW (Lempel-Ziv-Welch)، وعندما تتطلب البيانات تحقيق معدلات ضغط عالية نلجأ الى الأسلوب الآخر وهو الضغط بالفقدان (Lossy compression) الذي يؤدي إلى فقد المعلومات و الحفاظ قدر الإمكان على جودة مقبولة للصورة الأصلية (غالبا ما يكون غير مرئي بالعين) .

تم اقتراح العديد من الخوارزميات لتطبيق الضغط مع فقدان مثل التحويل جيب تمام المنفصل DCT (Discrete Cosine Transform) مثل معيار JPEG (Joint Photographic Expert Group) الذي يستخدم في تشفير الصور الثابتة، ولكن الذي حقق امتيازات هو تحويل المويجات (موجة صغيرة) المنفصلة DWT (Discrete Wavelet Transform) التي تسمح بتمثيل إشارة بعدد محدود من القيم، مثل الترميز EZW (Embedded Zerotree Wavelet) الذي اقترحه شابيرو في عام 1993

وكان أول من أدخل مفهوم الشجرة الصفرية (zerotree) وأول مشفر الحزم الفرعية (sub-band). ثم تم تقديم خوارزميات محسنة لتشفير أكثر كفاءة للمعلومات مثل SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees) تم اقتراحها من طرف سعيد و بيرلمان في عام 1996، وخوارزمية SPECK (Set-Partitioning Embedded Block) التي تستغل معاملات الصورة بعد التحويل الموجي لها، بحيث يستند كل من الترميزين EZW و SPIHT إلى مجموعة معاملات النطاقات الفرعية أو ما يطلق عليه بالشجرة بينما الترميز SPECK يعتمد على التقسيم المتتالي للصورة بشكل كتل و أحجام مختلفة وفقا لمعاملات الموجات .

تستغل خوارزمية SPECK هياكل المجموعات من المعاملات غير المهمة في كتل بدلا من الاعتماد على الأشجار وهذا ما جعله ترميزا أكثر كفاءة في تحديد مكان المعاملات . يتكون عملنا في إطار هذه المذكرة تقديم ترميز SPECK في أربعة فصول، بحيث في كل فصل يتم تقديم موضوع محدد.

الفصل الأول من مذكرتنا يتحدث عن المفهوم العام لضغط الصورة الرقمية.

ويصف الفصل الثاني الأسس النظرية لتحويل الموجات للإشارة ذات بعدين 2D على الصورة.

وقد تطرقنا في الفصل الثالث إلى التعرف على خوارزمية الترميز (SPECK).

وكان الفصل الرابع مخصصا للتطبيق العملي و مناقشة النتائج للترميز المدروس في هذا البحث.

وأخيرا ، توجنا لهذه المذكرة بخاتمة عامة.

الفصل الأول:

المفهوم العام لضغط الصورة.

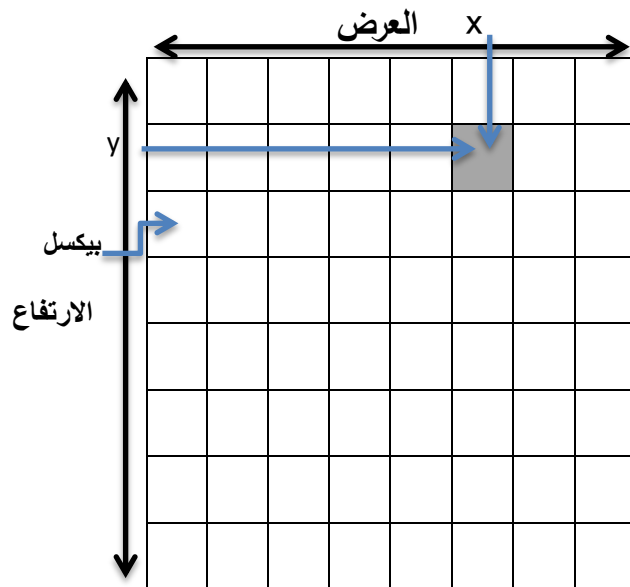
1.1. المقدمة:

كل البيانات الرقمية لديها عيوب وهو الحجم الكبير للبيانات، التي تحتاج إلى المعالجة لغرض التخزين أو الإرسال، فأصبح الضغط هو الحل الأمثل لتقليل عدد البتات اللازمة لتمثيل البيانات الكبيرة مثل: الصور أو تسلسلات الفيديو وغيرها. في هذا الفصل سنقدم أولاً تعريف الصورة الرقمية و نتطرق أيضاً إلى مفهوم ضغط الصورة وعلى أنواعها والغاية من خوارزمية الضغط، ثم نتعرف على التقنيات المختلفة لضغط البيانات وأخيراً نقدم معايير تقييم فاعلية وجودة الصورة المضغوطة لمعرفة مقاييس الأداء لأساليب الضغط.

2.1. الصورة الرقمية:

1.2.1. تعريف الصورة الرقمية:

الصورة عبارة عن دالة ذات بعدين $f(x,y)$ ، بحيث x و y هما إحداثيات مستوية، و أن مقدار الدالة f عند النقطة (x,y) تمثل الكثافة (intensity) أو يطلق عليها بالمستوى الرمادي ، عندما تكون كل من x,y,f تنتمي إلى مجموعة من القيم المحددة فتسمى هذه العناصر بالبيكسلات (pixels) و يطلق على الصورة ب "الصورة الرقمية". يمثل الشكل (1.1) تمثيل الصورة الرقمية. [1][2]



الشكل 1.1: تمثيل الصورة الرقمية [2].

▪ البيكسل (pixel):

البيكسل أو العنصورة (pixel) اختصاراً ل (Picture éléments) هو عدد النقاط التي تتكون منها الصورة الرقمية فهو اصغر عنصر مكون لها . كل صورة رقمية تتكون من صفوف و أعمدة من البيكسل فكلما زادت عدد البيكسلات كانت الصورة أوضح وهو ما يعرف بدقة الصورة. [3]

▪ دقة الصورة Resolution:

يتم تعريف دقة الصورة (Resolution) بعدد وحدات البيكسل لكل وحدة طول غالباً نحسب عدد البيكسل بالبوصة (ppp: points par pouce) أو (dpi : Dots Per Inch) تقدر البوصة الواحدة ب [A1] . 2,54 cm يؤدي زيادة وحدات البيكسل إلى زيادة وضوح والدقة الصورة مما ينتج زيادة في الحجم التخزين.

▪ حجم الصورة:

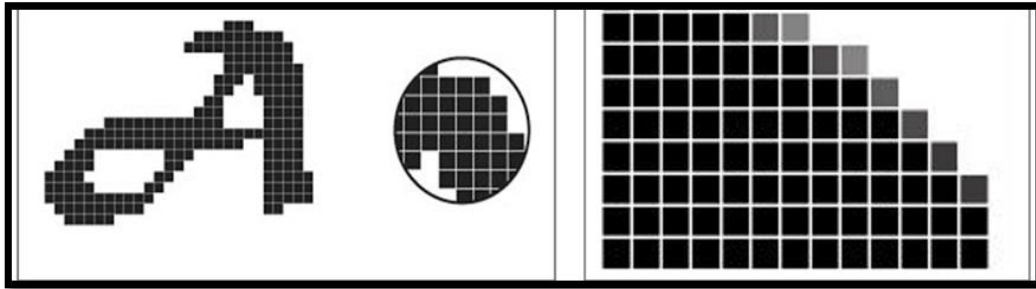
حجم الصورة هو عدد وحدات البيكسل العرض مضروباً في عدد وحدات البيكسل الارتفاع. وهو ما يمثل بالعدد الإجمالي لوحدات البيكسل في الصورة.

3.1. أنواع الصورة الرقمية:

هناك نوعان من الصورة على الكمبيوتر: الصور النقطية والصور المتجهة [A1].

1.3.1. الصورة النقطية (Bitmap):

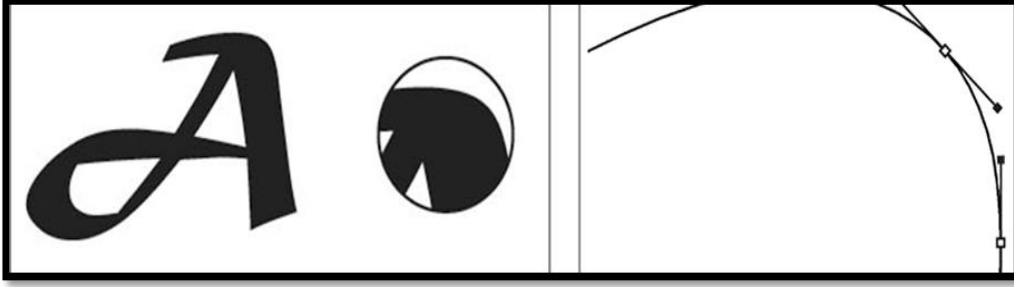
صورة المصفوفة أو الصورة النقطية ،وتتكون الصورة من عدة بيكسلات لكل بيكسل لديه معلومات تحدد موقعه و لونه ،فعند تكبيرها أكثر من اللازم تفقد جودتها فهي تتأثر بمقاس الصورة و دقتها.



الشكل 1. 2: الصورة النقطية (Bitmap) [A2]

2.3.1. الصورة المتجهة (vecteur):

في هذا الصنف تتكون الصورة من خطوط و منحنيات، حيث يتم عرضها وفقا لنظام هندسي لا يتأثر بمقياس الصورة أو دقتها. فأي كانت الدقة أو المقاس فإنه يظهر بنفس الوضوح عند طباعته فتستغرق وقتا أطول.



الشكل 1. 3: الصورة المتجهة (vecteur) [A2].

4.1. أنظمة الألوان الرقمية:

تم تصنيف الصورة الرقمية إلى:

1.4.1. الصورة الثنائية (binary image):

حيث يمثل البيكسل الواحد ب 1بت (1bit)، إما (0)الذي يمثل اللون الأسود وإما (1) يمثل اللون الأبيض، وتدعى بالصورة الثنائية (binary image)، يمكن تحويل كل أنواع الصور إلى صورة ثنائية عن طريق ما يسمى بالعتبة (threshold) حيث تأخذ القيم الأكبر (1) و القيم الأصغر (0) [2].

2.4.1. صورة متدرجة الرمادي (Grayscale) :

تسمح لنا بالحصول على قيم رمادية متدرجة و التي تمثل كثافتها بالأرقام من (0 إلى 255 أي من الأسود إلى الأبيض)، وكل بيكسل في صورة يمثل ب 8 بت والتي تحدد الكثافة من 0 إلى 255. [2].

3.4.1. نظام RGB:

و هي الصورة الرقمية التي تخصص بكل بيكسل ثلاث خانات لتحديد شدة الألوان (الأحمر Red-الأخضر Green-الأزرق Blue)، و كل خانة تحتوي على 8 بت أي لكل بيكسل يحتوي على 24 بت، و منها عدد الألوان المحتملة هي 2^{24} و ينتج 16777216 لونا مختلفا. [2]

5.1. معالجة الصورة الرقمية:

معالجة الصورة الرقمية هي مجموعة من العمليات يتم إجرائها على الصورة بهدف تحسينها أو استخلاص بعض المعلومات منها، و من بين طرائق المعالجة الرقمية: ضغط بيانات [3].

تختلف طرق المعالجة الصور الرمادية على الصور الملونة فيكون هذا الاختلاف في مستوى الأبعاد وذلك لأن الصور الرمادية تحتوي على معلومات أقل فهي ذات بعدين فقط، أما الصور الملونة فلها بعد ثالث (الألوان) مما يجعلها تحتاج لوقت أكبر ومراحل أكثر في المعالجة.

1.5.1. معالجة الصورة الملونة (Color Image Processing):

يتم تمثيل الصورة الرقمية الملونة بثلاث ألوان أساسية و يعرف بنظام RGB (أحمر-أخضر-أزرق)، و لمعالجة الصورة ملونة يتم التحويل باستعمال الكثير من الخوارزميات و المعادلات الرياضية [4]، مثلا التحويل من نظام RGB إلى نظام YIQ، حسب المعادلة الموضحة في الشكل أدناه:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.5959 & -0.2746 & -0.3213 \\ 0.2115 & -0.5227 & 0.3112 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

الشكل 4.1. : تحويل من نظام RGB إلى نظام YIQ [4].

6.1. مفهوم ضغط الصورة:

يشير الضغط إلى تقليل كمية البيانات المستخدمة لتمثيل ملف، صورة أو محتوى فيديو بدون تخفيض من جودة البيانات الأصلية بشكل مفرط. وهو يقلل من عدد البتات المطلوبة للتخزين أو نقل عبر الوسائط الرقمية. تختلف تقنيات الضغط وفق نوع البيانات المراد ضغطها [A3].

7.1. الغاية من عملية الضغط:

مهمة ضغط هي التخلص من التفاصيل الغير مهمة أو المتكررة لتقليل حجم الصورة، لذلك تعد خوارزمية ضغط الصور من الأمور المهمة بسبب الحاجة لتوفير المساحة على الذاكرة وكذلك لتسهيل وتسريع عملية نقل أو ارسال عبر الإنترنت أو غيرها [5].

8.1. المبادئ الأساسية لعملية الضغط :

تحتوي الصورة على معلومات متكررة بشكل كبير لأن النقاط المتجاورة تكون مرتبطة فيما بينها ،لذلك تم ايجاد تمثيلا جديدا من أجل تقليل نسبة تكرار المعلومات في الصورة، و هو ما يعرف بالمبدأ الأساسي لعملية الضغط، بحيث يتم التقليل من الإشارة عن طريق حذف أجزاء منها، بحيث يمكن تحديد أنواع التكرارات في الصورة الرقمية [6]:

❖ أنواع تكرار الإشارة في صورة الرقمية:

-التكرار المكاني (Spatial Redundancy) أو الارتباط بين القيم المجاورة.

-التكرار الطيفي (Spectral Redundancy) أو الارتباط بين قيم الألوان.

-التكرار الزمني (Temporal Redundancy) تقليل الارتباط بين الصور المتتالية في تسلسل الفيديو.

9.1. نموذج لمراحل عملية الضغط :

تتم عملية الضغط بمراحل كما هو مبين في الشكل (5.1) :



الشكل 1. 5 : نموذج لمراحل عملية الضغط [A4].

1.9.1. إلغاء الارتباط (decorrelation):

يرتبط كل بيكسل بوحدات البيكسل المجاور له (اختلاف قليل في كمية السطوح بين كل بيكسل و البيكسل المجاور) ارتباطا قويا في الصورة ،لذلك نستفيد من هذا الارتباط في تقليل حجم المعلومات . يتم إلغاء الارتباط بتحويل وحدات البيكسل إلى مجموعة من المعاملات أقل ترابطا. و هي عملية قابلة للعكس. [A4].

2.9.1. التكميم (Quantification) :

وهي مرحلة أساسية من عملية الضغط، حيث تهدف إلى تقليل عدد البتات مما يؤدي إلى فقدان بعض البيانات، التكميم له نوعان هما :المتجه (Vector) ، العددي (scalar) . [A4]. يعتمد التكميم العددي في المعالجة على استبدال مجموعة من رموز بعدد محدد منها، بحيث طورت الفكرة من أجل تحسين عملية الضغط، فيكون عن طريق ترميز مجموعات بدلا من قيم بالاعتماد على قواميس، وهو ما يعرف بالتكميم المتجه.

3.9.1. الترميز (Coding) :

بعد ما تتم عملية التكميم تليها مرحلة الترميز وهي المرحلة الأخيرة من عملية الضغط، والتي تنتج قيمتين صفر و واحد. سيتم تفصيل هذه المرحلة فيما بعد. [A4].

10.1. أنواع عمليات الضغط:

ينجز الضغط بعدة طرائق و أساليب بحيث يختلف الأسلوب المعتمد بنوعية البيانات المراد إجراء الضغط عليها، و على هذا الأساس تم تصنيف الضغط كما يلي:

1.10.1. الضغط المادي و المنطقي:

أ. الضغط المادي (Physical compression):

و هي خوارزمية قادرة على ضغط الكثير من البيانات بشكل مباشر و يتم التخلص من البيانات الزائدة، بحيث تشغل حد أدنى من مساحة الذاكرة. مثل ما ينطبق على بيانات الصورة [A5].

ب. الضغط المنطقي (logical compression):

تهدف خوارزمية الضغط المنطقي إلى إعادة ترميز البيانات بتمثيل مختلف و يكون ذلك باستبدال المعلومات بمعلومات أخرى معادلة لها [A5].

2.10.1. الضغط المتماثل و غير المتماثل :

أ. الضغط المتماثل (symmetric):

يتم استخدام نفس الطريقة هنا و هي ضغط وفك ضغط المعلومات، حيث أنها تأخذ نفس مقدار العمل على مستوى كل هذه العمليات. و هذا النوع من الضغط يستغل في نقل البيانات [A5].

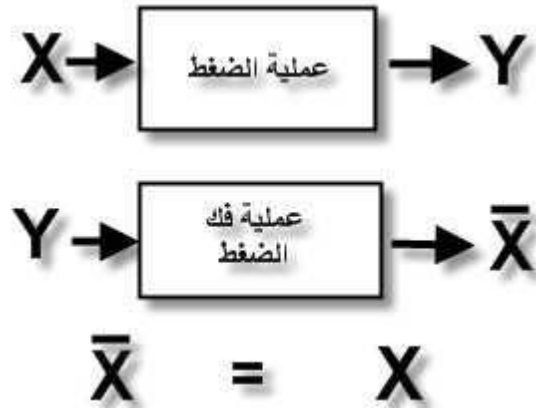
ب. الضغط غير المتماثل (asymmetric):

يتطلب هذا النوع المزيد من العمل لإحدى العمليتين، غالبًا ما نبحث عن خوارزميات يكون ضغطها أقل بطنًا من الضغط نفسه يرجع هذا إلى أن عملية الضغط أسرع من عملية إزالته، فقد يكون من الضروري استخدام هذا النوع عند أرشفة البيانات التي لا يمكنك الوصول إليها كثيرًا (لأسباب أمنية على سبيل المثال) ولا تريد إضاعة الوقت فيها [A5].

3.10.1. الضغط الفاقد و غير الفاقد لقيم البيانات:

أ. الضغط بدون فقدان (Lossless Compression):

تسمح تقنية الضغط بدون فقدان (Lossless Compression) بإعادة البيانات المضغوطة تكون مماثلة للبيانات الأصلية، معنى هذا أن الإشارة التي تم الحصول عليها بعد إزالة ضغطها مطابقة تمامًا للإشارة الأصلية (كما هو موضح في الشكل أدناه). [3]



الشكل 1. 6 : عملية الضغط بدون فقدان [3].

تستخدم هذه الطريقة بشكل شائع في ملفات النصية (EXE, TXT..) و الصور الطبية وغيرها من التطبيقات...

ب. الضغط بفقدان قيم البيانات (Lossy compression):

تسمح هذه التقنية الضغط بفقدان (Lossy compression) مجموعة من البيانات للصورة الأصلية و لكنه لا يؤثر على العناصر الرئيسية و تبقى الصورة محافظة على المعلومات الضرورية أي عند فك الضغط نتحصل على نسخة تكون مشابهة بنسبة 80% أو 90% للصورة الأصلية (انظر الشكل 7.1) و بجودة أقل، فلماذا إن طريقة الضغط مع فقدان البيانات مناسبة لملفات الصورة و الصوت و الفيديو و تسعى لتحقيق نسبة ضغط عالية جدا.



الشكل 1. 7 : طريقة الضغط بفقدان [3].

11.1 تقنيات الضغط غير الفاقد للبيانات:

1.11.1 الترميز الأنتروبي:

طور شانون فكرة الأنتروبي الفيزياء وعرفت بأنتروبي شانون [Shanon, 1948] بحيث يتم تمثيل المعلومات بأقل بت 0 أو 1 ،وهي طريقة إحصائية رياضية تمكن من حساب كمية معلومات المصدر [A5].

ليكن لدينا مجموعة N ذات متغيرات العشوائية X_1, X_2, \dots, X_N بحيث احتمالاتها :

$$P(X_1) = \frac{X_1}{N} , P(X_2) = \frac{X_2}{N} , \dots \dots \dots P(X_N) = \frac{X_N}{N}$$

يعرف الأنتروبي حسب المعادلة الآتية:

$$H = - \sum_{k=1}^N P_k \log_2 P_k$$

يشير أنتروبي شانون إلى متوسط طول المعلومات الواردة في الرسالة ووحدة قياسه بت (bit).

ومن تقنيات الترميز الأنتروبي الأكثر شيوعا ترميز هوفمان و الترميز الحسابي [A7].

• ترميز هوفمان:

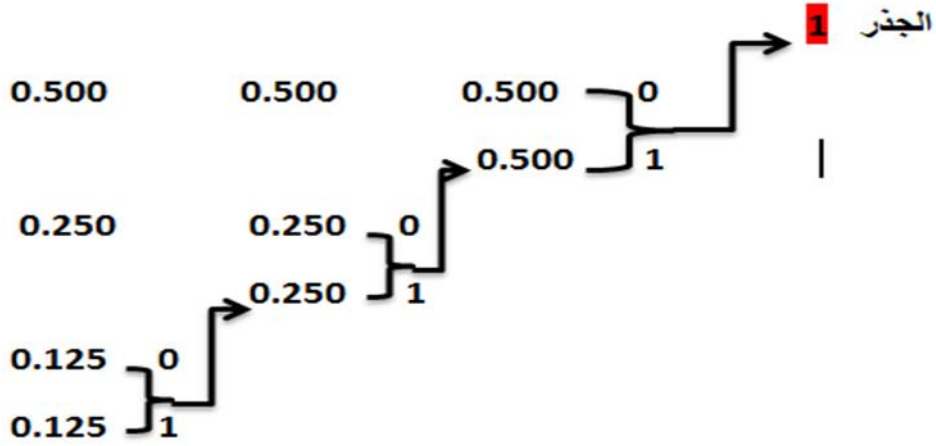
اقترح هوفمان [Huffman, 1952] خوارزمية ترميز لضغط البيانات بدون فقدان بحيث تعتمد هذه الطريقة على متغير الطول لرموز المصدر (VLC) بما يتناسب مع احتمالية ظهورها (الرمز الأقل تكرار "الرمز الأمثل") و لتكوين الشجرة الثنائية لهوفمان نتبع الخطوات التالية [A8]:

1. حساب الاحتمالية المرتبطة بكل رموز المصدر .
2. ترتيب احتمالات الرموز التي تظهر ترتيبا تنازليا.
3. نبدأ بجمع كل رمزين لهما أقل عدد مرات التكرار في عقدة واحدة.
4. نكرر العملية حتى الحصول على احتمال فقط (الجذر).
5. تمثيل كل فرع بقيمة ثنائية 0 أو 1 (بحيث يكون الأكثر تكرارا اقل عدد من البت).

مثال تطبيقي لخوارزمية هوفمان :

يمثل الشكل (8.1) بناء شجرة هوفمان اعتمادا على تكرار الحروف في رسالة.

يوضح الجدول (1.1) نتيجة الترميز لهذه الخوارزمية.



الشكل 1. 8 : تكوين الشجرة الثنائية لهوفمان

الرمز	الاحتمالات	الترميز
A	0.500	0
B	0.250	10
C	0.125	110
D	0.125	111

الجدول 1.1 : تكوين ثنائية ترميز هوفمان

• الترميز الحسابي (Arithmetic coding):

يتميز الترميز الحسابي عن الترميز السابق هوفمان بتشفير الملف كاملا (Stream coding) و تمثيل البت على شكل عشري عكس هوفمان الذي يقوم بضغط الرموز بشكل منفصل (block coding) و تمثيل البت بالنمط الثنائي [A9][A10].

الفصل الأول: المفهوم العام لضغط الصورة.

تعتمد هذه لخوارزمية بتمثيل الملف (الرسالة...) ضمن مجال $[0,1]$ يتم تقسيم المجال إلى فترات صغيرة وفقا لاحتمالات الرموز، يتم الترميز وفقا للمبادئ الأساسية [A10]:

- في البداية يمثل 0 الحد الأدنى (low) و 1 الحد الأعلى (high).

➤ المدى = الحد الأعلى - الحد الأدنى.

➤ الحد الأعلى = الحد الأدنى + المدى × الحد الأعلى للرمز. //تحديث قيمة الحد الأعلى لمجال

الرمز .

➤ الحد الأدنى = الحد الأدنى + المدى × الحد الأدنى للرمز. //تحديث قيمة الحد الأدنى لمجال

الرمز .

- يمثل الحد الأدنى الأخير الناتج الترميز النهائي للملف (الرسالة...).

مثال تطبيقي لخوارزمية الترميز الحسابي (Arithmetic coding):

على سبيل المثال تحتوي رسالة على كلمة "texts":

(1) حساب احتمالات كل حروف الواردة في الرسالة:

الاحتمالات	الحروف
0.4	T
0.2	E
0.2	X
0.2	S

(2) تقسيم المجال $[0,1]$ إلى فترات بما يتناسب مع احتمالات الحروف، وبالتالي نتحصل على الحدود

كل فترة كما هو موضح أدناه:

الفصل الأول: المفهوم العام لضغط الصورة.

المجالات	الاحتمالات	الحروف
[0.0-0.4 [	0.4	T
[0.4-0.6 [	0.2	E
[0.6-0.8 [	0.2	X
[0.8-1.0 [	0.2	S

(3) يتم تشفير الرسالة ابتداءً من الحرف الأول 't' و نقوم بتطبيق خوارزمية لترميز جميع الحروف وفقاً للخطوات التالية:

- المدى = الحد الأعلى - الحد الأدنى // في البداية 0 الحد الأدنى و 1 الحد الأعلى.
 - الحد الأعلى = الحد الأدنى + المدى × الحد الأعلى للرمز. // الحد الأعلى للحرف 't' .
 - الحد الأدنى = الحد الأدنى + المدى × الحد الأدنى للرمز. // الحد الأدنى للحرف 't'.
- وكما هو مبين في الجدول التالي:

الحد الأدنى	الحد الأعلى	الحروف
$0+1 \times 0 = 0$	$0+1 \times 0.4 = 0.4$	T
$0+0.4 \times 0.4 = 0.16$	$0+0.4 \times 0.6 = 0.24$	E
$0.16+0.08 \times 0.6 = 0.208$	$0.16+0.08 \times 0.8 = 0.224$	X
$0.208+0.016 \times 0.0 = 0.208$	$0.208+0.016 \times 0.4 = 0.2144$	T
$0.208+0.8 \times 0.00644 = 0.213152$	$0.208+1.0 \times 0.00644 = 0.21444$	S

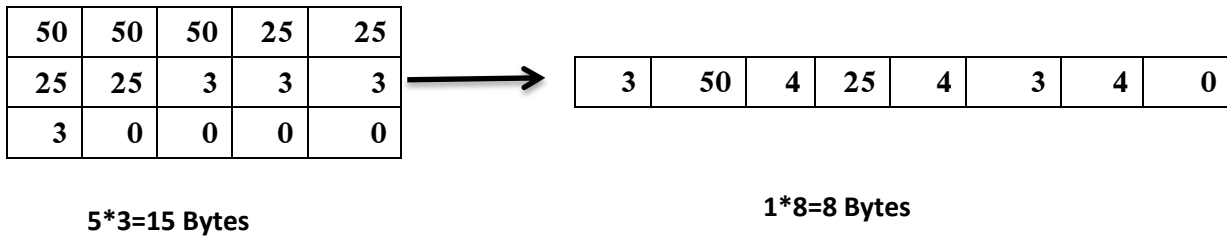
الجدول 1. 2 : جدول ترميز لكلمة 'texts'.

تمثل القيمة الحد الأدنى في الخطوة الأخيرة '0.213152' نتيجة لترميز كلمة 'texts'.

2.11.1. خوارزمية RLE:

اختصاراً "Run Length Encoding" وتعني الترميز بطول التعداد و هي خوارزمية سريعة و بسيطة و طريقة ضغط غير فاقدة. تستغل الخوارزمية RLE التكرار الاحصائي للملف ، بحيث تعتمد على تمثيل البيانات بعدد تكرارها ،وهي مناسبة لسلاسل من البيانات المتكرر في الملف الواحد وتكون فعالة عندما يتكرر فيها الرمز أكثر من ثلاث مرات. [7]

على سبيل مثال في صورة متدرجة الرمادي:



الشكل 1. 9 : طريقة ترميز RLE.

3.11.1. خوارزمية LZW:

اقترح Welch [Welch,1984] طريقة الضغط الغير فاقدة لقيم البيانات (Lempel–Ziv–Welch) وهي خوارزمية محسنة ل LZ78 ،تعتمد خوارزمية LZW على بناء قاموس يحتوي على جميع الرموز و الأرقام بحيث يتم استغلال تكرارات سلاسل الرموز في الملف. [A11]. يعتمد اعداد القاموس أو بناء سلسلة الجدول من سلاسل الرموز تمت المصادقة عليها، و يتم ذلك بتهيئة الرموز المنفردة المتواجد في الملف ضمن جدول بحيث لكل رمز ترميز مختلف يتم تعرف على بداية السلسلة (ω الرمز الأول لسلسلة) وقراءة الرمز الإدخال التالي لسلسلة (k) إذا كانت السلسلة (ωk) متواجدة ضمن القاموس فان ω تأخذ قيمة ωk (تكرر الخطوة) أن كانت العكس يتم إدخالها

الفصل الأول: المفهوم العام لضغط الصورة.

ضمن القاموس ويتم وضع رمز لتعبير عنها و تأخذ k بداية السلسلة التالية وتكرر حتى نهاية سلسلة الرموز وانتهاء من بناء القاموس [A11].
ولشرح أكثر لخوارزمية LZW نقترح مثال عملي لذلك:

يحتوي ملف على سلسلة الرموز التالية: zabbazbba بحيث يمثل الجدول (3.1) بناء قاموس لسلسلة :

الحرف	الترميز	قيمة الترميز	K	Ω
A	1			
B	2			
Z	3			
Za	4	3	A	Z
Ab	5	1	B	A
Bb	6	2	B	B
Ba	7	2	A	B
Az	8	1	Z	A
Zab	9	4	B	Z
Bba	10	6	B	Za
		1	A	Bb
		1		A

الجدول 3.1 : بناء قاموس لخوارزمية LZW.

القيمة الترميز “31221461” هي تمثيل لسلسلة الحروف zabbazbba.

12.1. تقنيات الضغط بفقدان قيم البيانات:

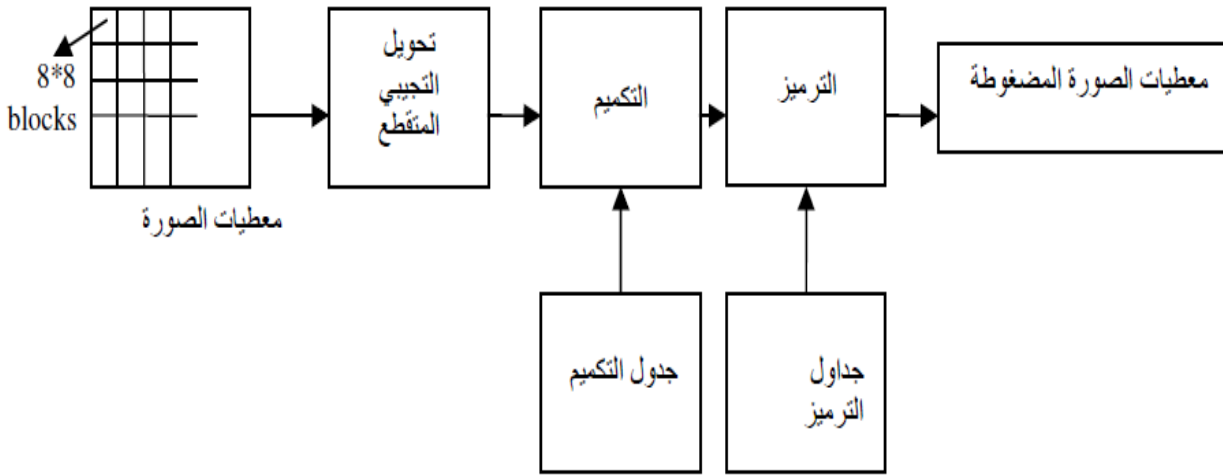
تسمح هذه الطرق بإيجاد صورة تقريبية، بحيث عادة لا يمكن ملاحظة الخسائر الناتجة بالعين المجردة.

من بين التقنيات المتواجدة نذكر منها:

1.12.1 معيار الضغط JPEG:

JPEG اختصار لكلمة " Joint Photographic Expert Group " وهي الجهة القائمة على تطوير هذه الخوارزمية. يعتبر JPEG معيارا شائعا لضغط الصور الرقمية مع ضياع لقيم بياناتها، بحيث أن الجهد اللازم لتشفير وفك التشفير هو نفسه. [A12]

يمثل الشكل (10.1) مراحل التشفير وفق المعيار JPEG [8]:



الشكل 1. 10: خوارزمية ضغط الصورة وفق المعيار JPEG [8].

- تقسيم الصورة إلى كتل 8×8 : يتم تقسيم الصورة $N \times M$ بيكسل إلى كتل block متكونة من 8×8 بيكسل .
- تطبيق تحويل التجيبي المتقطع DCT: نقوم بتطبيق التحويل (Discrete Cosine) DCT Transform على الكتل 8×8 من أجل الحصول على معلومات الصورة بشكل مناسب لعملية الضغط .
- التكميم (Quantification): الغاية من عملية التكميم هي تحقيق معدل ضغط عالي بحيث أن هذه المرحلة تنتج قيم صفرية، لذلك فإن قيمة الضغط عالي أو منخفض مرتبط بقيم التكميم المستخدمة.
- تشكيل الترتيب ZigZag: تتم عملية المسح المتعرج ZigZag لتحويل الصورة ثنائية البعد إلى شعاع احادي البعد بحيث أن الكتل 8×8 تمثل بمصفوفة أفقية من 64 عنصر.

- الترميز: يعتمد JPEG على الترميز الأنتروبي مثل Huffman وترميز RLE .

2.12.1. الترميز EZW:

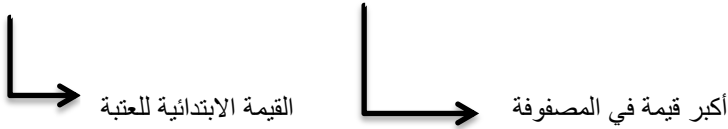
EZW وهي اختصاراً ل: Embedded Zerotree Wavelet قدمت هذه الخوارزمية من قبل (Shapiro) في عام 1993 تهدف هذه التقنية الحصول على أفضل جودة لصورة و انجاز ترميز الصورة في معدلات بت أقل [A13]. تعتمد هذه التقنية على تحويل المويجات المنفصلة (DWT) وذلك بتحليل الصورة لعدد من حزم فرعية (sub-band) و لعدة مستويات مما يتم توزيع المعاملات في الحزم بحيث يرتبط كل معامل من معاملات مستوى ما بمجموعة من المعاملات في المستوى التالي وبنفس الاتجاه مما تمثل الصورة بشكل هرمي (pyramidal) [23]. ومنها اعتمدت خوارزمية EZW على استغلال الارتباط بين المعاملات وتشكيل شجرة صفرية (zerotree) و لفهم أفضل، يتم اعطاء مثال على ترميز EZW يوضح الشكل (11.1) صورة تمت معالجتها بتحويل المويجات المتقطعة. [A13][9]

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	63	-34	49	10	7	-13	12	7
1	-31	23	14	-13	3	4	6	-1
2	15	14	3	-12	5	-7	3	9
3	-9	-7	-14	8	4	-2	3	2
4	-5	9	-1	47	4	-6	-2	2
5	3	0	-3	2	2	-2	0	4
6	2	-3	6	-4	3	6	3	6
7	5	11	5	6	0	3	-4	4

الشكل 1. 11: التحويل المويجي المتقطع لصورة 8×8 [A13].

بعد مرحلة التحويل المويجي المتقطع تبدأ عملية المسح المتعرج (Zig-Zag Scanning) لكل الحزم ثم نقوم بحساب العتبة T_0 وفقاً للمعادلة أدناه :

$$T_0 = 2^{\lfloor \log_2(\text{Maximumvalue}) \rfloor} = 2^5 = 32.$$



إذا كانت قيمة البيكسل أكبر أو يساوي العتبة يترك و إن كانت قيمته أقل يوضع 0، و بالاستناد لقيم العتبة يتم التعبير عن قيمة كل معامل برموز:

POS: (Positive Significant) إذا كانت القيمة المطلقة للبيكسل أكبر أو تساوي العتبة وكانت إشارته موجبة تعتبر قيمة مهمة.

NEG: (Negative Significant) إذا كانت القيمة المطلقة للبيكسل أكبر أو تساوي العتبة وكانت إشارته سالبة تعتبر قيمة مهمة.

ZTR: (Zero Tree Root) إذا كانت القيمة الجذر و كل المعاملات التابعة له في المستويات اخرى أقل من قيمة العتبة.

IZ: (Isolated Zero) إذا كانت قيمة الجذر اقل من قيمة العتبة لكن يوجد في احد المعاملات التابعة له في المستويات اخرى ما تكون قيمته أكبر من قيمة العتبة.

نتيجة ترميز وحدات المصفوفة بخوارزمية EZW عند قيمة العتبة '32' في ملحق (1).

3.12.1. الترميز SPIHT:

SPIHT اختصاراً لـ Set Partitioning In Hierarchical Trees، الاسم الكامل للمصطلح يعني تعيين التقسيم الأشجار الهرمية، تم اقتراحها من طرف سعيد و بيرلمان و هي تحسين للخوارزمية EZW، يعتمد الترميز SPIHT على تعيين ثلاثة أنواع من الأشجار بعد تحليل الصورة إلى نطاقات فرعية (sub-band) [A14]:

$D(i,j)$: مجموعة كل أطراف الشجرة التي تبدأ من المعامل (i,j) .

$O(i,j)$: مجموعة الأطراف المباشرة.

$L(i,j)$: هي المجموعة $D(i,j) - O(i,j)$.

تستند الخوارزمية SPIHT بتعيين ثلاث قوائم و هي:

LSP: قائمة المعاملات الهامة.

LIP: قائمة المعاملات الغير مهمة.

LIS: قائمة المجموعات الغير مهمة.

استخدام ثلاث قوائم في الترميز جعل الخوارزمية أكثر تعقيد من خوارزمية EZW.

13.1. المعايير لتقييم فعالية وجودة خوارزمية الضغط :

يتم تقييم أداء الخوارزمية باستخدام معايير [A4][10]:

1.13.1. نسبة الضغط (CR,TC):

- Compression Ratio (CR) هي نسبة بين حجم الصورة قبل الضغط و بعد الضغط ويتم حسابه من القانون:

$$CR(\%) = \frac{B_{comp}}{B_{org}} \times 100$$

- Taux de Compression (TC) و يحسب بالعلاقة التالية:

$$TC(\%) = 100 - \left(\frac{B_{com}}{B_{org}} \right) \times 100$$

تمثل B_{org} حجم الصورة الأصلية و B_{comp} حجم الصورة بعد عملية الضغط.

كلما كانت قيمة نسبة الضغط منخفضة كلما كان الضغط أفضل، توجد طريقة لإيجاد نسبة الضغط وذلك بالاعتماد على بت لكل بيكسل وهي معرفة كالتالي:

$$Rate(bpp) = \frac{B_{comp}}{B_{org}}$$

2.13.1. معيار خطأ الصورة MSE :

Mean-Square Error (MSE) نقوم بإيجاد معدل مربعات الأخطاء بين الصورة قبل الضغط والصورة بعد الضغط ففي حالة التشابه بين الصورتين نتحصل على معدل خطأ صغير، و يعطى قيمة MSE بالعلاقة الآتية:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [f(i,j) - f(i,j)]^2}{N \times M}$$

بحيث $N \times M$ حجم الصورة، $f(i,j)$ حجم الصورة الأصلية، $f(i,j)$ حجم الصورة بعد عملية الضغط.

3.13.1. معيار نسبة الإشارة إلى الضجيج PSNR :

PSNR (Peack Signal to Noise Ratio) وهو يمثل مقياس الجودة بحيث يقوم بحساب أعلى نسبة بين الإشارة Signal و الضجيج Noise، و يعرف حسب المعادلة التالية:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE}$$

14.1. الخاتمة:

إنّ الغاية من الفصل الأول هو تقديم مفاهيم عامة حول الصورة الرقمية و طرائق الضغط، بحيث يتم اختيار بين الضغط الفاقد و الغير الفاقد لقيم البيانات وذلك حسب نوعية البيانات المراد ضغطها.

تم الاقتراح العديد من الخوارزميات لكل من الطريقتين إلا أن الضغط باستعمال التحويل DCT (...JPEG) لا يعطي نتائج جيدة مقارنة بالتحويل المويجات المتقطعة DWT مثل (EZW, SPIHT..)

مما أدى بنا إلى تقديم ترميز SPECK التي هي خوارزمية مطورة لكل من EZW و SPIHT في الفصل الثالث.

الفصل الثاني:

تحويل الموجات للإشارة 2D .

ذات البعدين

1.2. المقدمة:

اهتم الباحثون في السنوات الأخيرة بتحويل المويجاني (Wavelet transformation) لمعالجة الإشارة الرقمية وقد كانت الحاجة لظهور التحويل المويجاني هي كحل لمشكل المحدودية لتحويلات فورييه.

يعد التحويل المويجاني (Wavelet transformation) من التحويلات الحديثة لما له من مزايا وخصائص، يجعله يعتمد على التخمينات الإحصائية التي تؤدي إلى المعالجة الرقمية، وقد أظهرت هذه الأخيرة النتائج الفعالة في الكثير من التطبيقات مثل: ضغط الصورة في كونه يحلل الإشارة أو الصورة إلى مستويات متعددة التفاصيل، وهذا كل من المجال الزمني و الترددي، ومنه نتطرق في هذا الفصل إلى تحويل فورييه (FT) والتركيز على نقائصه ثم التعرف على تحويل فورييه قصير الأمد (STFT) و التعرف على أنواع المويجاني بحيث يتم وصف التحويلات للمويجاني المستمرة (CWT) و بعد ذلك نقدم خوارزمية لبناء هرم الصورة التي تسمح بالحصول على المعاملات من خلال التحويل المويجاني المنفصلة (DWT).

2.2. تحويل فورييه FT :

يعمل تحويل فورييه على تغيير الإشارة من المجال الزمني إلى المجال الترددي من خلال مجموعة من تقنيات الحسابية، بحيث يتم استعمال دوال جيبية (sin, cos) كدوال أساسية في تحليل الإشارات وهي مهمة جدا في الكشف عما تحويه الإشارة من ترددات، تمثل المعادلة {2.1} تحويل فورييه [11]:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad \{2.1\}$$

بحيث:

$f(t)$: الإشارة في المجال الزمني.

$F(\omega)$: الإشارة في المجال الترددي، علما أن: $\omega = 2\pi f$ ، f : التردد .

إن تحويل فورييه مناسب للإشارة المستقرة (ثابتة التردد) مثل الإشارة الدورية. يمكن تحويلها إلى مركبات جيبية، أما بخصوص الإشارات متغيرة التردد (غير مستقرة) فهو يعجز على تزويدنا بالمعلومات عن التردد خلال الزمن ($f=1/T$ // دقة عالية في التردد ومنخفضة في الزمن). وفي هذا الصدد إن تحويل فورييه غير ملائم لهذه الإشارة. فعليه كان من ضروري إيجاد طرق تحليل أخرى أكثر كفاءة، ولهذا تم تطوير ما يعرف بتحويل فورييه قصير الأمد [12].

3.2. تحويل فورييه قصير الأمد (STFT):

تمكن العالم (Gabor) من معالجة مشكل المحدودية في تحويل فورييه عن طريق استخدام تحويل فورييه القصير الأمد (Short Time Fourier Transform) الذي يقوم بتحليل الإشارة في كل من الزمن والتردد، بحيث يتم معالجة الإشارة الغير مستقرة (non-stationary) ضمن نافذة لتظهر على أنها مستقرة (stationary)، ليتمكن تحويل فورييه FT من أن يطبق عليها كل على حدى فيعمل على ازاحة النافذة على طول الإشارة و يطبق عليها هذا التحليل بشكل متكرر، ليتمكن من تحليل الإشارة كاملة، يعرف STFT بالشكل الآتي [A15]:

$$STFT(\tau, f) = \sum_{X=0}^N F(X) * w(X - \tau) e^{-j2\pi f X} \quad \{2.2\}$$

حيث $F(X)$ الإشارة، و $w(X - \tau)$ تمثل النافذة الزمنية المتحركة خلال عرض الزمني τ ، f التردد خلال الفترة الزمنية τ .

الصعوبة في تحويل فورييه قصير الأمد هي الصعوبة في تحديد عرض النافذة، عند استعمال نافذة صغيرة يتم الحصول على دقة عالية من أجل الإشارات التي تتغير بسرعة والعكس عند استخدام نافذة كبيرة، وهذا ما يسبب ضياع كل من الزمن والتردد يمثل الشكل (1.2) نافذة تحويل STFT [11]:

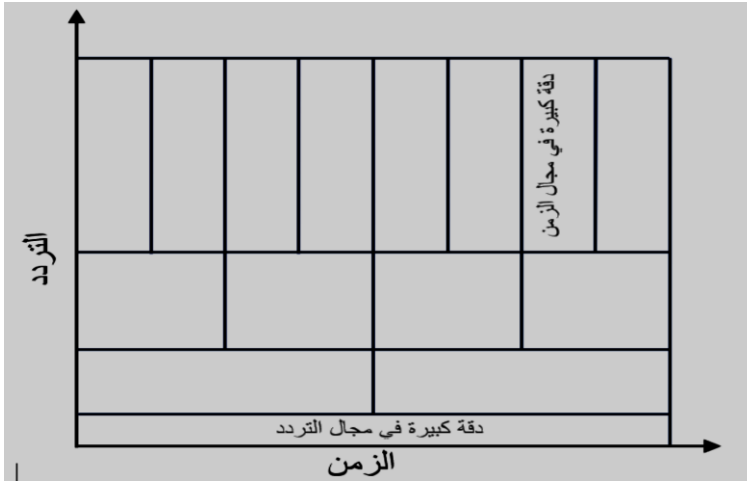


الشكل 2. 1: نافذة تحويل فورييه قصير الأمد STFT. [11]

4.2. تحويل المويجات (Wavelet Transform):

من أجل التغلب على المشاكل في تحويل فورييه قصير الأمد STFT الذي يقوم بتقسيم الزمن والتردد بدقة موحدة لذلك تم تطوير نظرية تحويل المويجات أو التحليل المويجي ، بحيث تعتمد على استخدام نافذة متغيرة العرض بدلا من نافذة ثابتة العرض على طول الإشارة وذلك للحصول على تحليل موضعي للإشارة (التردد-الزمن) ومعاملة الترددات العالية بشكل مختلف عن الترددات المنخفضة.

يستخدم التحليل المويجي بتحليل الإشارة ذات المدة الزمنية القصيرة و التردد العالي مما يتم الحصول على دقة جيدة لزمنا ومنخفضة في التردد والعكس، كما هو موضح في الشكل (2.2)[11]:



الشكل 2. 2: طريقة تحويل المويجات [11]

5.2. تعريف الموجة (Wavelet) :

تعرف الموجة بالتابع $\psi(x)$ و هي إشارة محدودة الاستمرارية معدلها صفر على العكس الإشارة الجيبية التي تمتد نظريا $(-\infty, +\infty)$ ، هناك أنواع مختلفة من المويجات يتميز كل واحد بخواص معينة [13]، بحيث تتميز الموجة بعدة خصائص وهي [15] [14]:

✓ التكامل على كامل المحور الحقيقي يساوي الصفر :

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) dx = 0 \quad \{2.3\}$$

✓ أن ينتمي الى الفضاء $L^2(\mathbb{R})$:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 dx < \infty \quad \{2.4\}$$

❖ يطلق على التابع بالموجة الأم إلا اذا استوفى شرط القبول (Condition Admissibility):

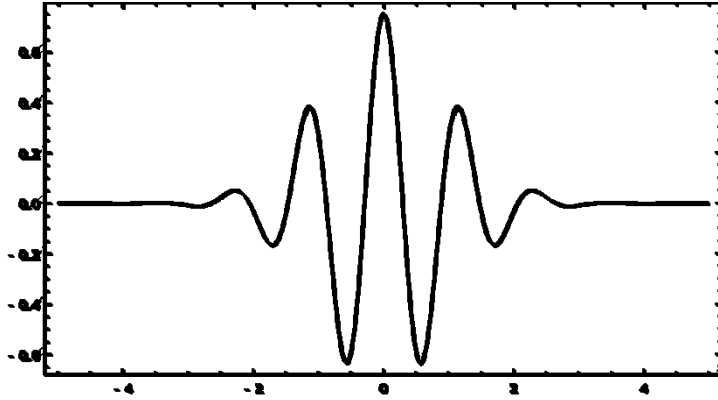
$$c = \int_{-\infty}^{+\infty} |\hat{\psi}(\omega)|^2 \frac{d\omega}{\omega} < \infty \quad \{2.5\}$$

$$\hat{\psi}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) e^{-j\omega x} dx \quad \{2.6\}$$

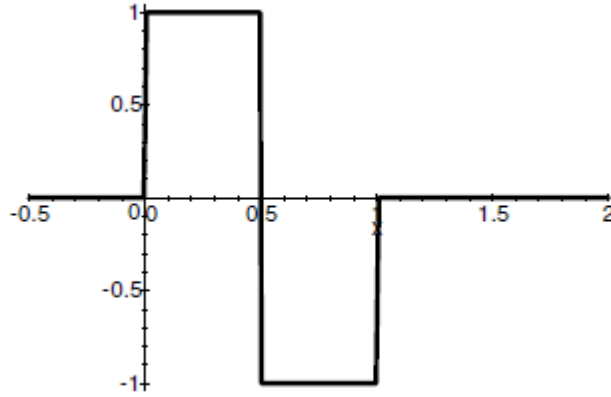
$\hat{\psi}(\omega)$ تحويل فورييه للموجة $\psi(x)$ وبالتالي فالعلاقة (2.6) تحقق كل من الشرطان :

$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(x) dx = 0$ و $\hat{\psi}(0) = 0$ أي أن الموجة ليس لها عنصر ذات تردد صفر.

ومن أمثلة على الموجات نذكر موجة هار (Haar) و موجة مورليه (Morlet) :



الشكل 3.2 :. موجة مورليه Morlet [13].



الشكل 2. 4: موجة هار (Haar) [A21]

تستخدم المويجات في الكثير من طرق معالجة الإشارة عبر معادلات رياضية ويعرف بالتحويل المويجي بحيث تم تقسيم التحويل المويجات إلى مستمر و متقطع .

6.2. التحويل المويجي المستمر (Continuous Wavelet Transform):

نقوم بإعطاء مفهوم أوسع لتحويل المويجي المستمر بالعلاقة التالية [A16]:

$$w(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \frac{1}{\sqrt{a}} \bar{\psi} \left(\frac{t-b}{a} \right) dt , (a > 0, b \in \mathbb{R}) \quad \{2.7\}$$

حيث $f(t)$ الإشارة في المجال الزمني ذات التردد f ، $\bar{\psi}$ المرافق العقدي للموجة ψ ، يتعلق المعامل a بقيمة التردد $a=1/f$ ، بحيث يتم ضغط الموجة عند التدرج المنخفض وتمديدها عند التدرج المرتفع .

تدعى ψ بالموجة الأم والتي تتعلق بقيمتها بقيمتين a و b وهي معرفة كالآتي:

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) \quad \{2.8\}$$

بحيث:

○ a معامل التوسيع أو المقياس (scale).

o معامل الإزاحة على المحور الزمني (translation).

أما التحويل العكسي لـ: CWT يعطى بالعلاقة التالية (2.10):

$$F(t) = \frac{1}{c} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{|a|^2} w(a, b) \psi_{a,b}(t) da db. \quad \{2.9\}$$

$$c = \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(\omega)|^2 \frac{d\omega}{|\omega|}. \quad \{2.10\}$$

المشكل في تحويل المويجات المستمرة هو كمية المعلومات الهائلة لاستخدام جميع القيم و التدرجات وهو ما يجعل عملية المعالجة تأخذ زمنا طويلا ، لذلك كان الحل الأمثل هو اللجوء إلى تحويل المويجات المنفصلة DWT.

7.2. التحويل المويجاني المنفصل (Discrete Wavelet Transforms):

قبل تحديد التحويل المويجات المنفصلة من الضروري تعيين المويجات للقيم منفصلة لكل من عامل التمدد a وعامل الإزاحة b كما هو ممثل في المعادلة (2.11)[A16]:

يتم تحديد قيم كل من a و b كما يلي:

$$a = a_0^m ; b = nb_0 a_0^m ; m, n \in \mathbb{Z}$$

ومنه نجد:

$$\psi_{n,m}(t) = a_0^{-\frac{m}{2}} \psi(a_0^{-m}t - nb_0) \quad \{2.11\}$$

و بالتالي نجد معادلة التحويل المويجاني المنفصل لدالة $f(t)$:

$$DWT(f) = C_{n,m}(t) = a_0^{-\frac{m}{2}} \int f(t) \psi(a_0^{-m}t - nb_0) dt \quad \{2.12\}$$

هناك الكثير من الاختيارات لتحديد a و b ، نقوم بأخذ القيم الأكثر شيوعا $a_0 = 2$ و $b_0 = 1$ بالتالي

$$a = 2^m ; b = n2^m$$

(Sampling) تختلف بعامل 2 أي القوى العدد 2

لتكون مناسبة مع التركيب الثنائي للحاسوب و تعرف هذه الطريقة بالتحويل الثنائي (dyadic Transform) للموجبات المنفصلة لتشكل قاعدة المتعامدة (Orthonormal Wavelet) هذا ما اقترحه كل من Daubechies و Meyer كما هو مبين في المعادلة (2.14):

$$\psi_{n,m}(t) = 2^{-\frac{m}{2}} \psi(2^{-m}t - n) \quad \{2.13\}$$

و بالتعويض المعادلة (2.14) في المعادلة (2.12) نجد :

$$DWT(f) = C_{n,m}(t) = 2^{-\frac{m}{2}} \int f(t) \psi(2^{-m}t - n) dt \quad \{2.14\}$$

و للإعادة بناء الدالة $f(t)$ تعطى بالمعادلة الآتية (2.16):

$$f(t) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_{n,m}(f) \psi_{n,m}(t) \quad \{2.15\}$$

8.2. تحليل متعدد الدقة Multiresolution analysis:

يسمح التحويل الموجي بقواعد متعامدة بتحليل الإشارة (الصورة) إلى عدة قياسات مختلفة و التي تدعى بالدقة المتعددة (Multiresolution) [A18]، ويتم ذلك بتحليل الإشارة إلى مركبات تفصيلية (Detail) و هي إشارة منخفضة التردد و مركبات تقريبية (Approximation) عالية التردد.

تعتمد طريقة تحليل الإشارة إلى مستويات متعددة من الدقة على دالة المقياس أو الموجة الأب φ و الموجة الأم ψ و التي تحقق [A18]:

$$\psi_{n,m}(t) = 2^{-\frac{m}{2}} \psi(2^{-m}t - n) \quad \{2.16\}$$

$$\varphi_{n,m}(t) = 2^{-\frac{m}{2}} \varphi(2^{-m}t - n) \quad \{2.17\}$$

يتم تعريف تحليل متعدد الدقة (MAR) أنه عبارة على سلسلة أو متتالية من الفضاءات الفرعية (subspaces) $(V_j)_{j \in \mathbb{Z}}$ من الفضاء $L^2(\mathcal{R})$ بحيث تتميز الفضاءات الفرعية بالخصائص التالية [15][A20] [A19] [A21] :

1. $\forall j \in \mathbb{Z}$ فإن $V_{j+1} \subset V_j$.
2. $\lim_{j \rightarrow +\infty} V_j = \overline{\bigcup_{j=+\infty} V_j} = L^2(\mathcal{R})$.
3. $\lim_{j \rightarrow -\infty} V_j = \bigcap_{j \rightarrow -\infty} V_j = \{0\}$.
4. $f(t) \in V_j \Leftrightarrow f(2^j t) \in V_0$ إذا $\forall j \in \mathbb{Z}$.
5. $f(t) \in V_0 \Leftrightarrow f(t - k) \in V_0$ إذا $\forall k \in \mathbb{Z}$.

نقوم بشرح مختصر للخواص :

بما أن V_j هو فضاء جزئي من الفضاء L^2 بحيث تختلف الفضاءات الجزئية من أصغر إلى أكبر فهي تحقق العلاقة التالية : $\dots \subset V_{j+1} \subset V_j \subset \dots \subset V_2 \subset V_1 \subset V_0 \subset \dots$ فكل المجموعات الجزئية ينتمي إلى الفضاء الكثيف L^2 ، تسمح الخاصية التكبير و التصغير في نطاق التردد بانتقال الدالة F بين المساحات بينما التغيير في المجال الزمني فهو يعجز عن الانتقال $F(t)$.
من خلال الشروط ، نظهر أن هناك دالة موجية تحقق التعامد مع V_j بحيث:

$$\varphi(x) \in L^2(\mathcal{R}) \quad \{2.18\}$$

يكفي أن تكون $\varphi(\cdot, -n)$ تتعامد مع الفضاء V_j وبالتالي تعرف قاعدة التعامد بالمعادلة التالية:

$$\int \varphi(x) \varphi^*(x+n) dx = \delta(n) \quad \forall n \in \mathbb{Z} \quad \{2.19\}$$

بالتالي تعرف العلاقة التعامد مع دالة المقياس:

$$\langle \varphi_{j,n}, \varphi_{j,k} \rangle = \delta(n - k) \quad \forall j, k, n \in \mathbb{Z} \quad \{2.20\}$$

الفصل الثاني: التحويل الموجاه للإشارة ذات البعدين 2D.

وبالتالي تمكن الدوال بدلالة تابع التوسيع و الإزاحة بأساس فضاء جزئي V_0 ببناء موجات متعددة وأن تكون جميع الدوال متعامدة مع بعضها.

يتم إنشاء المناطق التقريبية (spaces of approximated) بحيث يوجد لكل فضاء جزئي

V_j (subspaces) أساس متعامد (Orthogonal basis) $(\varphi_{j,n})_{j,n \in \mathbb{Z}^2}$ بحيث:

$$\varphi_{j,n}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \varphi(2^{-j}t - n) ; \quad \varphi \in L^2 \quad \{2.21\}$$

لتكن الإشارة F من الفضاء $L^2(\mathcal{R})$ ولحساب التقريب لدالة F من V_{j+1} هو حساب الإسقاط F (projection) $A_j F$ على V_j بحيث و يعطى بالعلاقة التالية :

$$A_j F = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \langle F, \varphi_{j,n} \rangle \varphi_{j,n}(t). \quad \{2.22\}$$

يتم وضع:

$$a_k^j = \langle F, \varphi_{j,n} \rangle$$

سيتم تحديد تقريب الدالة عند القياس j بالتسلسل المنفصل للأرقام (حقيقية أو معقدة) a_k^j فكلما زادت الدقة كان التقريب أفضل.

و للإتمام تحليل الإشارة إلى دقة متعددة (Multiresolution) يجب تحديد المركبات التفصيلية (spaces of detail):

ليكن الفضاء V_j المتمم المتعامد ل w_j في الفضاء V_{j-1} :

$$V_{j-1} = V_j \oplus w_j \quad \{2.23\}$$

$$L^2 = \bigoplus_{j \in \mathbb{Z}} w_j \quad \{2.24\}$$

الفصل الثاني: التحويل الموجاه للإهارة ذات البعدين 2D.

نبرز أن لكل مساحة w_j ، هناك عائلة من الموجات تشكل قاعدة متعامدة لها، هذه الموجات تأخذ الشكل التالي:

$$\psi_{j,n}(x) = 2^{-\frac{j}{2}}\psi(2^{-j}t - n) ; n \in \mathbb{Z} \quad \{2.25\}$$

$$\psi(x) \in L^2(\mathbb{R})$$

تحقق الموجة التعامد بحيث:

$$\langle \psi_{j,n}, \psi_{j,k} \rangle = \delta(j - i)\delta(n - k) \quad \forall j, k, i, n \in \mathbb{Z} \quad \{2.26\}$$

وبالتالي يمكن إعادة بناء تقريب بالنطاق الأدق و ذلك باستخدام تفاصيل الإشارة التي يوفرها إسقاطها على أساس V_j ، كما هو مبين :

$$A_{j-1} = A_j F + \sum \langle F, \Psi_{j,n} \rangle \Psi_{j,n} \quad \{2.27\}$$

يمثل D_j إسقاط w_j في الفضاء L^2 بحيث يتم التعبير عن إشارة التفاصيل بشكل التالي:

$$d_n^j = \langle F, \Psi_{j,n} \rangle \quad \{2.28\}$$

ومنه نجد:

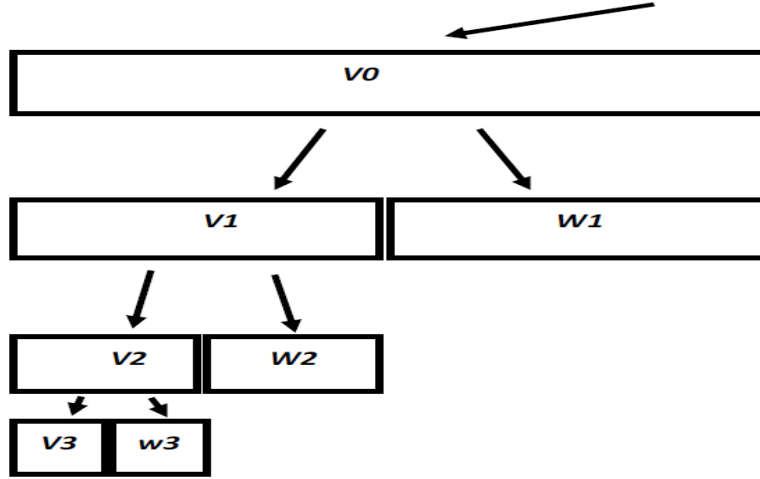
$$D_j F = \sum \langle F, \Psi_{j,n} \rangle \Psi_{j,n} \quad \{2.29\}$$

إذن نتوصل إلى الصيغة النهائية:

$$A_{j-1} = A_j F + D_j F \quad \{2.30\}$$

$$A_j x = \langle x, \varphi_j^k \rangle \quad \{2.28\}$$

$$D_j x = \langle F \cdot \psi_j^k \rangle. \quad \{2.29\}$$



الشكل 2. 5: مخطط لتحليل متعدد الدقة للإشارة [A19]

9.2. مراحل بناء هرم الصورة (The pyramid of the image):

إن تحليل الصورة بعدة مستويات من الدقة (Multiresolution) باستعمال التحويل المويجاني المنفصل (DWT) يسمح بتقسيم الإشارة على شكل هرم (pyramid) بحيث تكون على شكل حزم فرعية (subbands) من الإشارات (ترددات منخفضة وأخرى عالية التردد) يتم توضيح ذلك من خلال المعادلتين [A22]:

يتم حساب المعاملات التقريبية للإشارة $x(n)$ و التي تحتوي على الترددات المنخفضة بحساب التفاف ما بين دقتين متتاليتين r_j و r_{j-1} مع تمريرها عبر المرشح (filter) نوضح ذلك بالمعادلة التالية:

$$A_j x = \sum_{-\infty}^{+\infty} \bar{h}(2k - n) A_{j-1} x \quad \{2.30\}$$

بحيث:

$$h(n) = \langle \varphi_0^{-1}, \varphi_n^0 \rangle \quad \{2.31\}$$

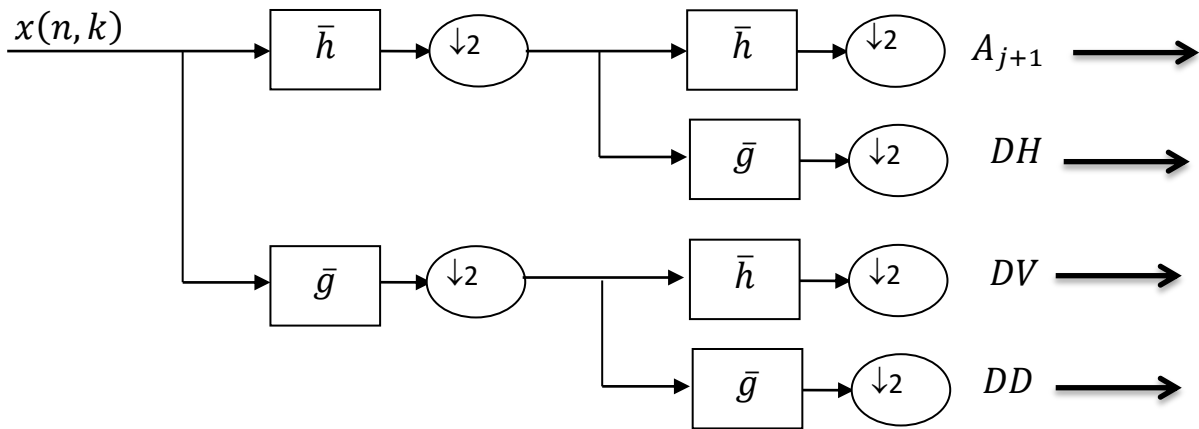
أما بالنسبة لتفاصيل الإشارة فهي المعلومات الضائعة بين تقريبين متتاليين وهي كالآتي:

$$D_j x = \sum_{-\infty}^{+\infty} \bar{g}(2k - n) A_{j-1} x \quad \{2.32\}$$

بحيث:

$$g(n) = (-1)^{1-n} h(1 - n) \quad \{2.33\}$$

وبالتالي يتم الفصل بين ترددات الإشارة بعملية الالتفاف (convolution) بواسطة مرشحين \bar{h} لتمرير المنخفض من أجل حساب التقريب و \bar{g} لترددات العالية لإيجاد التفاصيل (detail)، بحيث يحتوي الإخراجان معا على محتوى التردد نفسه لإشارة الإدخال و بالتالي تتضاعف كمية البيانات مما نلجأ إلى إختزالها بمعامل 2 ($\downarrow 2$) وهي تخفيض عدد العينات (downsampling) إلى النصف، يتم تبين مرحلة التحليل بالشكل (6.2) [A22][16].



الشكل 2.6: مرحلة تحليل الصورة إلى معاملات تقريبية و تفصيلية [A22].

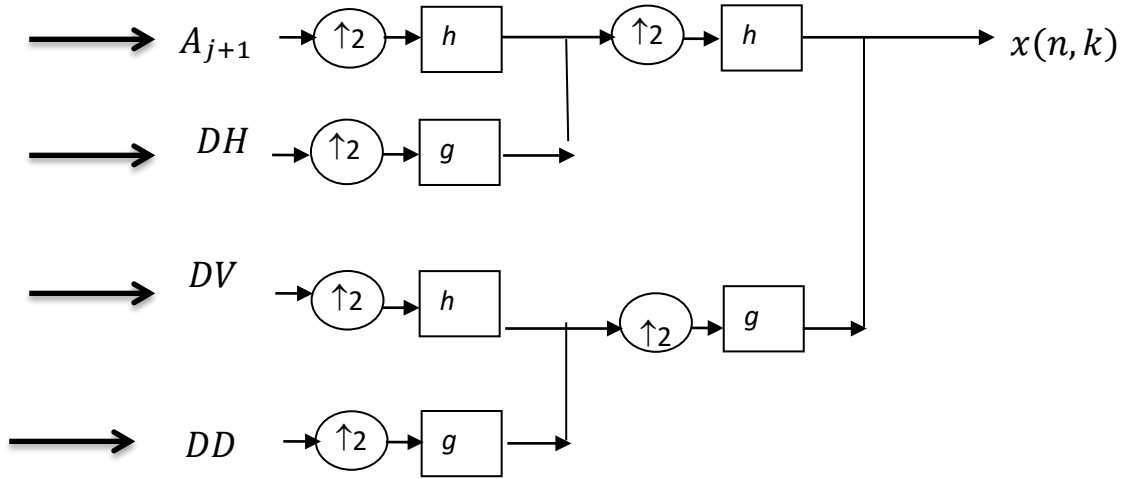
الفصل الثاني: التحويل الموجاه للإشارة ذات البعدين 2D.

تدخل الصورة إلى عملية التحليل بشكل أفقي فتتم عليها عملية الترشيح أو الفلترة بتمرير منخفض و التمرير العالي (\bar{g}, \bar{h}) بحيث يتم إخضاع كل مرشح إلى عملية تخفيض العينات (2 ↓)، ثم تتكرر العملية بنفس المبدأ بشكل عمودي بحيث نتحصل على أربع صور نسمي (A_1) الصورة التقريبية و ثلاث صور أخرى تسمى بالتفاصيل تحتوي على (تفاصيل أفقية (DH)، تفاصيل عمودية (DV) و تفاصيل قطرية (DD)، بحيث يمكن تكرار العملية على الصورة التقريبية (A_j) حتى الحصول على أصغر صورة ممكنة، يتم توضيح ذلك في المثال (7.2) بحيث يتم تحليل الصورة لثلاثة مستويات من الدقة [A21]:

A_3	DH_3	DH_2	DH_1
DV_3	DD_3		
DV_2		DD_2	
DV_1		DD_1	

الشكل 2. 7: مرحلة تحليل الصورة إلى ثلاث مستويات من الدقة [A22]

تتم استعادة الصورة بعملية عكسية لمرحلة التحليل بحيث تتم زيادة عدد العينات (Upsampling) و ترمز ب (2 ↑) و بعد ذلك يتم تمرير الإشارة باستخدام مرشحات (Quadrature Mirror Filters) QMF التي تتم بنائها على أساس بمرشحات الدخل وهي فلاتر ذات التمرير المنخفض و العالي أيضا (g, h) ، يتم جمع كل مخارج المرشحات ليتم إعادة بناء الإشارة، يتم التوضيح من خلال الشكل التالي [A22]:



الشكل 8-2: عملية اعادة بناء الصورة [A22].

10.2. الخاتمة:

في هذا الفصل قمنا بإعطاء نظرة لتحويل المويجات بصفة عامة و التحويل المويجي المتقطع بصفة خاصة، تم الوضع المبادئ الأساسية لهذا التحويل من طرف Stéphane Mallat عام 1989 الذي أدخله إلى جانب الإشارة و الصورة الرقمية بينما كان مجرد علاقات رياضية الذي وضعه Meyer (1986-1988). بحيث كانت الغاية من وراء نظرية تحويل المويجي هو التغلب على أوجه القصور لتحويل فورييه .

إن الهدف من تحويل المويجات المنفصل (DWT) هو تحليل الإشارة وفقا لتردداتها المختلفة بحيث يتم تمثيل الإشارة بدقات متعددة (Multiresolution)، تمثل الترددات المنخفضة الشكل التقريبي للإشارة بينما الترددات العالية فهي تفاصيل تلك الإشارة و بالتالي تسمح عملية الفصل ببناء هيكل هرمي لصورة والذي سنقوم باستغلاله في الترميز SPECK الذي سيتم دراسته في الفصل الثالث.

الفصل الثالث:

التشفير بخوارزمية الترميز

(SPECK).

1.3. المقدمة:

الغاية من هذا البحث هو تقديم خوارزمية SPECK لضغط الصورة الرقمية لتسهيل نقلها أو إرسالها وغير ذلك حسب الحاجة المراد تحقيقها على مستوى الوسائط (Multimedia) وغيرها من الاستخدامات.

بحيث يوفر استخدام التحويل المويجات المتقطعة (Transforming discrete wavelets) إلى تحليل متعدد الدقة لصورة (Multiresolution analysis) والتي توفر خاصية الضغط التدريجي للصورة الرقمية.

في هذا الفصل يتم تقديم تقنية speck التي طورها كل من إسلام و بيرلمان (Islam et Pearlman) يستغل هذا الترميز مجموعة من الهياكل وتكون عبارة عن معاملات غير مهمة في الكتل بدلاً من أشجار، هذه الهياكل يمكنها أن تتغلب بشكل فعال على عدم الاستقرار للمعاملات.

2.3. خوارزمية الترميز SPECK:

خوارزمية (Set Partition Embedded bloCK coder) اختصار (SPECK) تعد تطويراً للترميزات المستخدمة في معالجة الصورة مثل SPIHT وغيرها من طرق الترميز، بحيث يعتمد التشفير SPECK على المجموعات أو الكتل (block) بدلاً من أشجار [A23].

1.2.3. الترميز SPECK :

بعد إجراء عملية التحليل لصورة x باستخدام المويجات المنفصلة وذلك من أجل الحصول على هيكل محدد بمستويات من التحلل التي تسمح بفصل وحدات البيكسل على مستويين فيمثل المستوى الأعلى هو الجذر أما المستوى الأدنى فهي وحدات البيكسل المنخفضة [A23].

يتم تمثيل الصورة x بمجموعة من المعاملات $\{C_{i,j}\}$ المتواجدة في الموضع (i,j) لصورة المحولة.

يتم تجميع جميع البيكسل لصورة الحولة في مجموعات تتكون من مناطق، نقول ان \mathcal{T} هي البيكسلات المهمة بالنسبة لـ n : بحيث [A23][A24]:

$$\max_{(i,j) \in \mathcal{T}} \{|C_{i,j}|\} \geq 2^n \quad \{1.3\}$$

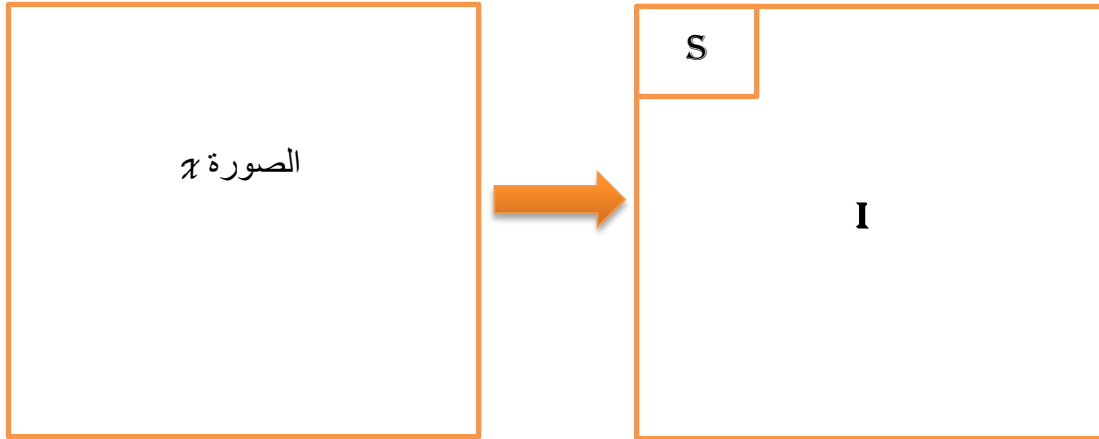
و أما بالنسبة للبيكسل الغير مهم، بحيث يمكن التعبير عن المجموعات الهامة \mathcal{T} وفقا لـ n :

$$s_n(\mathcal{T}) = \begin{cases} 1 & \text{إذا كان: } 2^n \leq \max_{(i,j) \in \mathcal{T}} |C_{i,j}| < 2^{n+1} \\ 0 & \text{غير ذلك} \end{cases} \quad \{2.3\}$$

تستخدم خوارزمية speck مناطق مستطيلة لصورة المحولة، بحيث نشير لهذه المناطق أو المجموعات بالمجموعات من نوع s ذات أبعاد متغيرة. إن اعتماد بعد المجموعة s بأبعاد الصورة الأصلية يكون على مستوى النطاق الفرعي للهيكل الهرمي الذي تقع فيه هذه المجموعة. إن تحديد حجم المجموعة يكون وفق عدد العناصر المجموعة C من المجموعة، أي أن عدد العناصر (بكسل) ضمن المجموعة هو الذي يحددها، بحيث:

$$\text{Size}(s) = C(s) \equiv |s|. \quad \{3.3\}$$

أثناء عمل الخوارزمية، تأخذ المجموعة S أحجاما مختلفة وذلك اعتمادا على خصائص وحدات البيكسل، كما نلاحظ أن مجموعة بحجم 1 تتكون من بيكسل واحد فقط، كما نطلق على النوع الآخر من مجموعة S المستخدمة في الخوارزمية بالمجموعات من نوع I و التي يتم الحصول عليها بتقطيع منطقة مربعة صغيرة من الجزء اليسار العلوي للمنطقة المربعة الأكبر كما هو مبين في الشكل (1.3):



الشكل 3.1: تقسيم الصورة X إلى مجموعتين S و I [23][24]

تعتمد الخوارزمية SPECK على تشكيل قائمتين هما:

▪ LIS: قائمة المجموعات الغير مهمة (List of Insignificant Sets).

▪ LSP: قائمة وحدات البيكسل المهم (List of Significant Pixels).

بحيث تحتوي القائمة أولى على مجموعات من نوع S ذات احجام مختلفة تعتبر غير مهمة بالنسبة لقيمة العتبة الحالية n أما النوع الثاني فيضم وحدات البيكسل المهمة التي تتعلق بنفس العتبة.

يمكن استخدام مصفوفة تحتوي على قوائم صغيرة من نوع LIS التي تضم مجموعات من نوع S ذات حجم ثابت بدلا من استخدام قائمة واحدة تحتوي على المجموعات S ذات حجم متغير.

يؤدي استعمال قوائم متعددة بتسريع عملية الترميز و فك الترميز .

3.3. مراحل خوارزمية الترميز SPECK:

تتكون الخوارزمية من أربعة مراحل أساسية وهي [A28] [A27] [A26] [A25] :

- ❖ مرحلة التهيئة (the initialization step).
- ❖ مرحلة الفرز (the sorting step).
- ❖ مرحلة تحسين المعاملات (Step of refinement of the coefficients).

❖ مرحلة القياس الكمي (the quantization).

1.3.3. مرحلة التهيئة (the initialization step) :

- تجزئة الصورة X إلى مجموعتين: الجذر $S \equiv (\text{Root})$ ، $I \equiv X - S$. (المثال 1.3).
- القيمة المرسله: $n_{max} = \lfloor \log_2(\max |C_{i,j}|) \rfloor$; $\forall (i,j) \in X$
- إضافة S إلى قائمة LIS و وضع $LSP = \emptyset$.

2.3.3. مرحلة التصنيف (the sorting step) :

- ترتيب حجم القوائم $|S|$ تصاعديا (أصغر المجموعات أولا).

— من اجل كل مجموعة $S \in LIS$ قم بمعالجة S ProcessS(S)

— من أجل $\neq \emptyset$ يتم معالجة المجموعة I ProcessI()

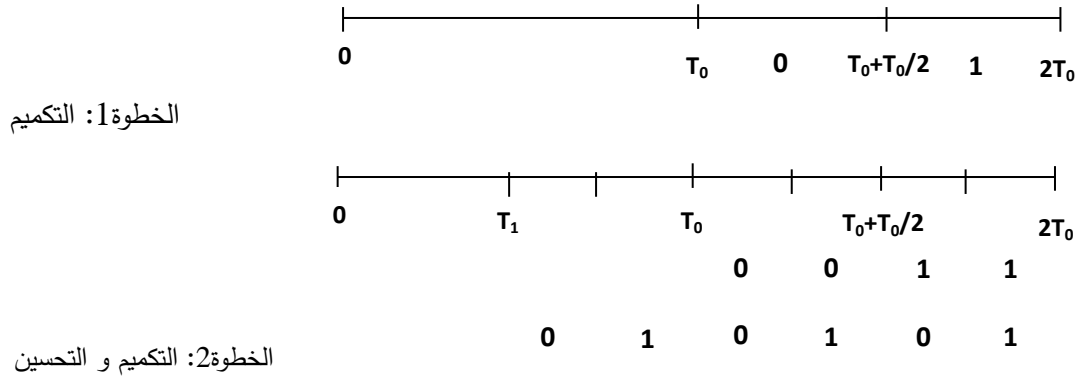
3.3.3. مرحلة تحسين المعاملات (Step of refinement of the coefficients) :

عملية تحسين المعاملات وذلك بإعطاء فاصل جديد لمعامل كبير، بحيث تتم في هذه المرحلة والتي تليها تشفير المعاملات الهامة بالنسبة لقيمة عتبة محددة T_j ، بحيث يتراوح مجال العتبة $[0, 2T_0]$ ، يتم تعيين بت "0" للمعاملات التي تنتمي إلى النصف الأول من المجال $[T_0, T_0 + T_0/2[$ و تعيين بت "1" للمعاملات التي تنتمي إلى المجال $[T_0 + T_0/2, 2T_0]$ ، المثال (2.3) يوضح ذلك.

4.3.3. مرحلة القياس الكمي (The Quantization) :

— تناقص n بمقدار 1، و الرجوع إلى المرحلة الثانية. بحيث تستخدم الخوارزمية التكميم العددي.

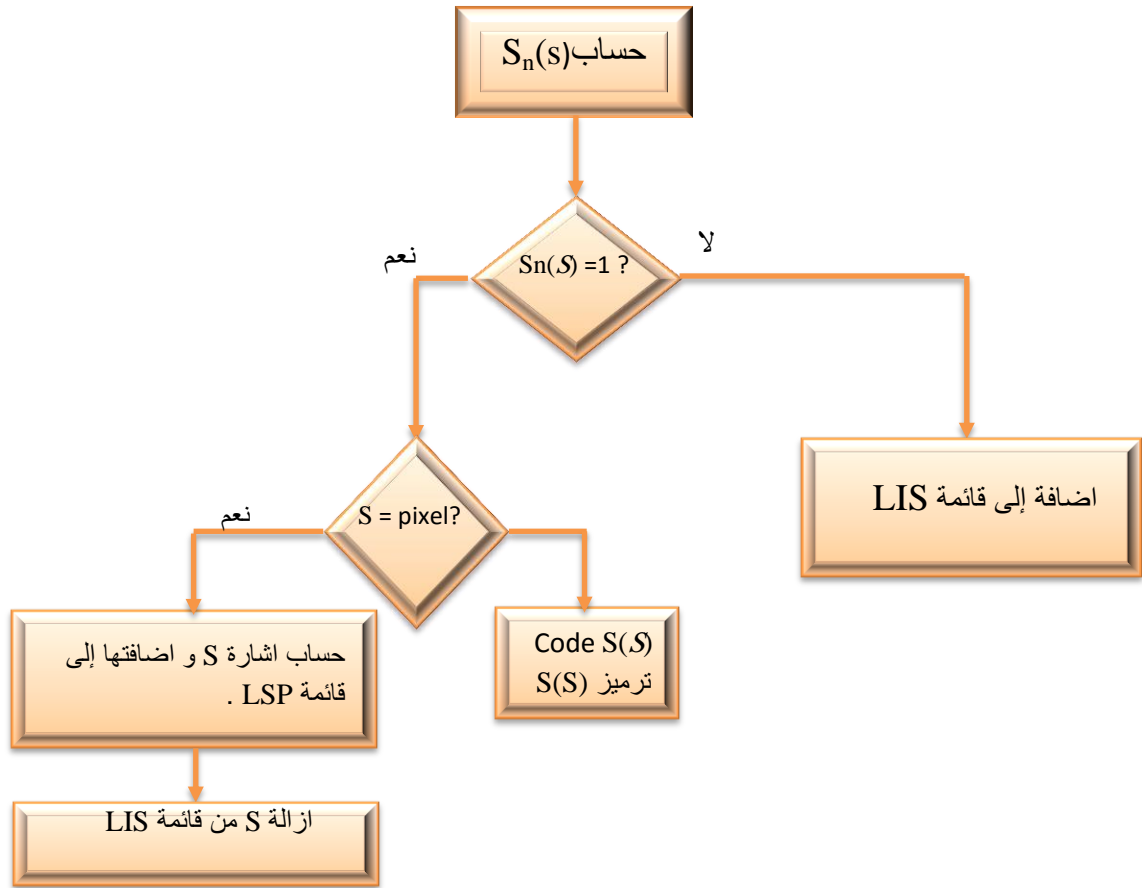
كما هو مبين في الخطوتين في المثال (2.3).



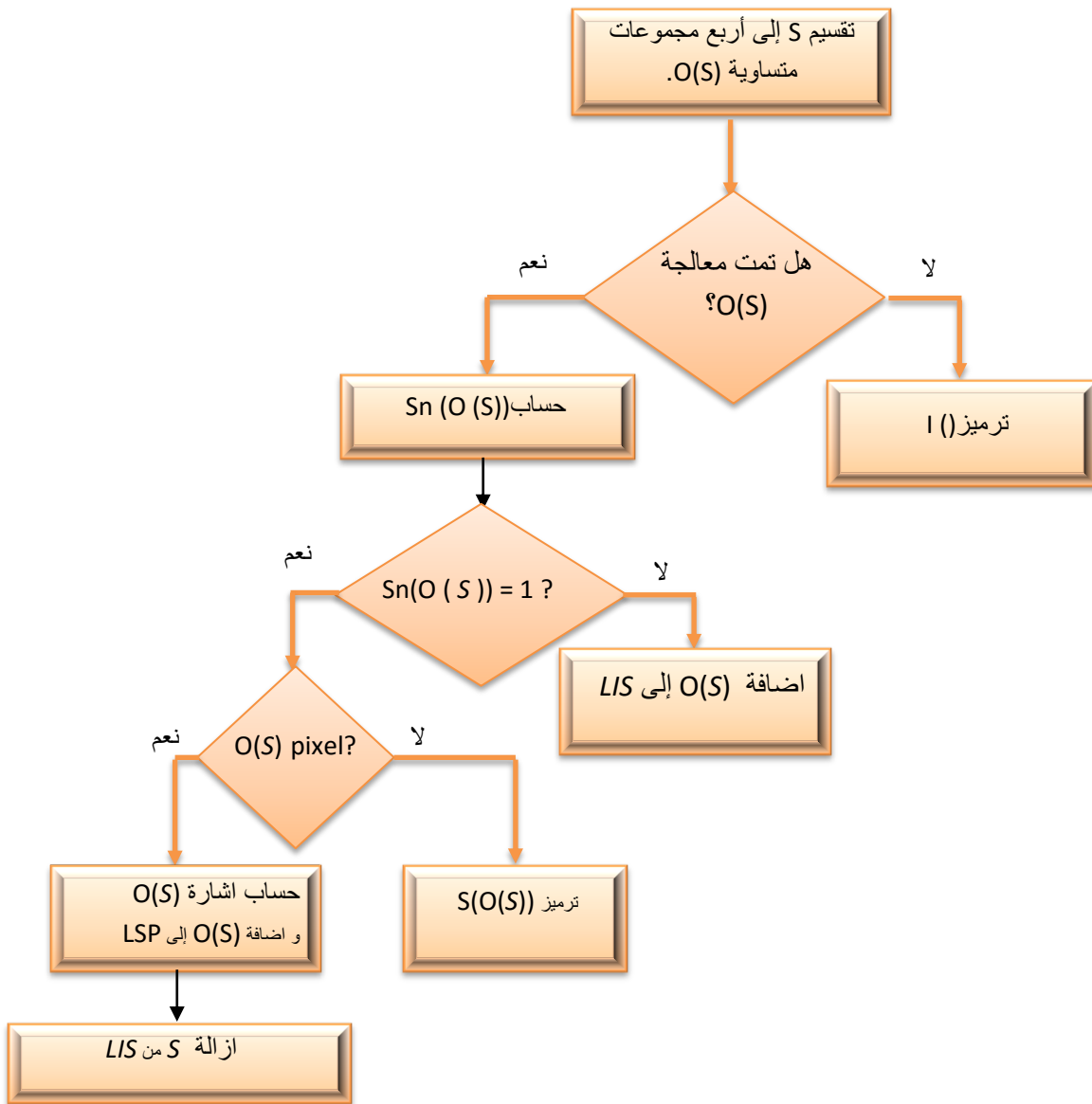
الشكل 3. 2: مبدأ عمل التكميم و تحسين المعاملات

يتطلب عمل الخوارزمية استدعاء أربعة دوال وهي:

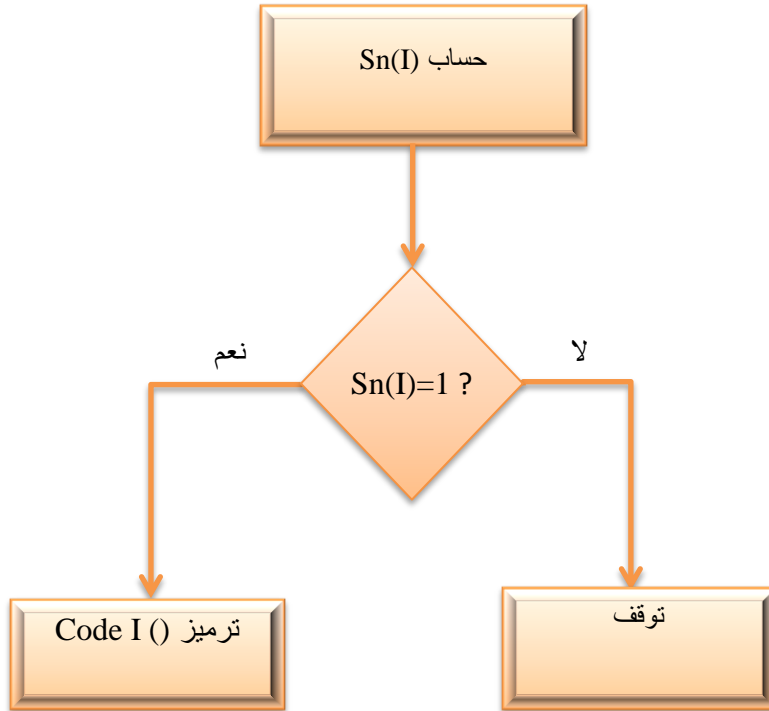
دوال المعالجة ($ProcessI()$, $ProcessS()$) ، دوال الترميز ($CodeS()$, $CodeI()$)، يتم التفصيل في هذه الوظائف أو الدوال في الأشكال التالية (الشكل 3.3، الشكل 4.3، الشكل 5.3، الشكل 6.3) [A28][A29]:



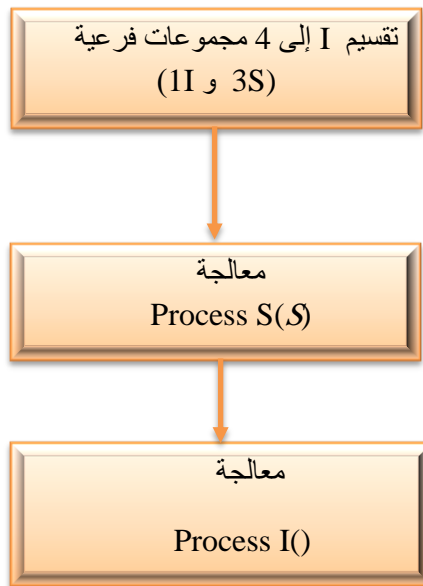
الشكل 3.3: الخوارزمية العملية للمعالجة S(S). [A28][A29].



الشكل 3. 4: الخوارزمية العملية لترميز Code S() [A28][A29].



الشكل 3. 5: الخوارزمية العملية للمعالجة ProcessI() [A28] [A29].



الشكل 3. 6: الخوارزمية العملية لترميز Code I() [A28] [A29].

4.3. وصف مراحل عمل الخوارزمية:

يتم وصف مراحل عمل خوارزمية SPECK المقدمة أعلاه في الأشكال (3.3، 4.3، 5.3، 6.3).

بما أن الصورة المستطيلة X خضعت لتحويل الحزم فرعية مناسبة. تظهر هذه الصورة على شكل هيكل هرمي يشمل نطاقات فرعية عند مستويات مختلفة من التحلل. بحيث يمثل النطاق الأعلى هو جذر هرم.

تبدأ الخوارزمية بتقسيم الصورة إلى مجموعتين: مجموعة S وهي جذر الهرم، كل ما تبقى من الصورة بعد إخراج الجذر هي مجموعة من نوع I (انظر الشكل 1.3).

تتم إضافة S إلى قائمة LIS و يتم مسح قائمة LSP. يتم أخذ المعاملات الهامة بالنسبة لقيمة العتبة

n_{max} وتأخذ المعاملات الغير مهمة بالنسبة لقيمة $n_{max}+1$. بحيث تم انشاء التقسيمات التالية:

[A25][25][A28][A29]

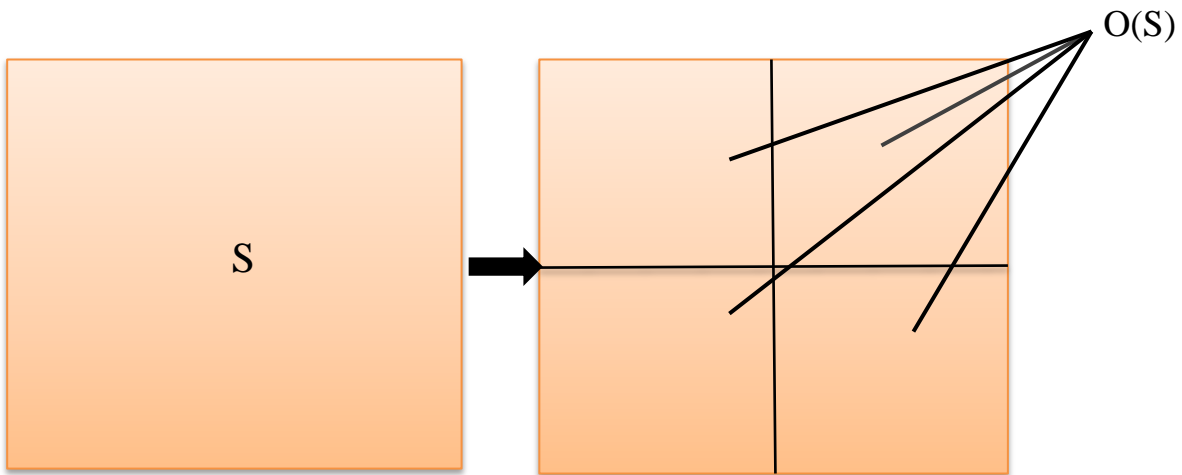
1.4.3. التقسيم الرباعي (Quadtrees partitioning):

تتم معالجة المجموعة S في قائمة LIS بدراسة أهميتها مقارنة بقيمة العتبة $n_{max} = n$. (دالة

المعالجة S (ProcessS)). بافتراض أن المجموعة S مهمة، يتم تجزئتها بواسطة عملية تقسيم رباعي

إلى أربعة (04) مجموعات فرعية ($O(S)$) بحيث حجم كل واحدة تمثل ربع ($1/4$) من حجم المجموعة S .

يوضح الشكل 6.3 عملية التقسيم هذه:



الشكل 3.7: عملية تقسيم المجموعة S [A28].

يتم التعامل مع المجموعات الفرعية كما تم التعامل مع S ويتم معالجتها بشكل متكرر من خلال العمليتين $ProcessS()$ و $CodeS()$ حتى تحديد جميع وحدات البيكسل ليتم ترميزها. بينما يتم اضافة وحدات البيكسل أو المجموعات الغير مهمة أثناء عملية الصيد (hunting) إلى قائمة LIS ليتم اختبارها مرة اخرى بالنسبة إلى الحد الأدنى التالي .

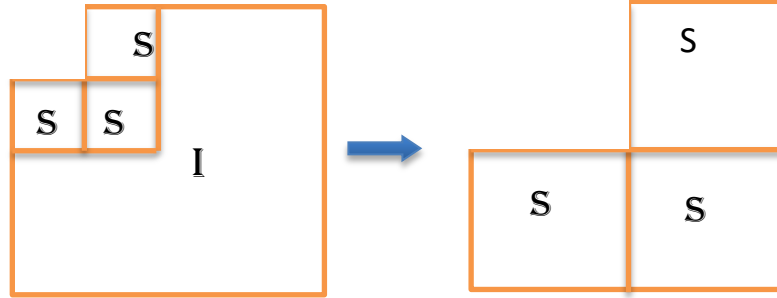
إن الدافع لعملية التقسيم الرباعي لمثل هذه المجموعات هو التكبير (Zoom) بسرعة لمناطق الطاقة العالية في المجموعة S والترميز إليهم أولاً.

2.4.3. التقسيم الثماني للحزم الفرعية Octave band partitioning:

في هذه المرحلة من الخوارزمية لا توجد مجموعة من نوع S التي تحتاج إلى الاختبار بالنسبة لقيمة n، فإذا كان هناك فستتم عملية المعالجة قبل الانتقال إلى الجزء التالي من الخوارزمية، بمجرد معالجة جميع المجموعات من نوع S، تتم معالجة المجموعة I باختبارها عند نفس قيمة العتبة n $ProcessI()$.

الفصل الثالث: التشفير بخوارزمية الترميز (SPECK).

فإذا تم ايجاد قيم مهمة فإنه يتم اجراء عملية تقسيم اخرى والتي تعرف ب: التقسيم الثماني (Octave) للنطاقات ، يقدم الشكل توضيح لهذا التقسيم ، يتم تقسيم المجموعة I إلى اربع مجموعات ثلاثة منها من نوع S و واحدة من نوع I ($CodeI()$).



الشكل 3. 8: عملية تقسيم المجموعة I [A28]

إن الفكرة وراء هذا التقسيم هو استغلال البنية الهرمية ، بحيث ان الطاقة تتركز في أعلى الهرم ولهذا فإن البيكسل التي تكون مهمة بالنسبة لقيمة العتبة تقع في مناطق اليسرى الأعلى من المجموعة I ليتم تقسيم هذه المناطق إلى مجموعات من نوع S و تتم معالجتها.

يتم تجميع المناطق التي تحتوي على وحدات البيكسل المهمة في مجموعات صغيرة ويتم معالجتها أولاً، بينما يتم تجميع المناطق التي يحتمل أن تحتوي على وحدات البيكسل الغير مهمة في مجموعة كبيرة، فقد يكون بت واحد يكفي لترميز هذه المنطقة الكبيرة بالنسبة لقيمة محددة للعتبة.

بمجرد تقسيم المجموعة I بالطريقة الثمانية تتم عملية معالجة S بالترتيب لمسح الصورة وبعد ذلك يتم معالجة المجموعة I التي شكلت حديثاً.

في مرحلة ما في الخوارزمية ستغطي المجموعة I المستوى الأدنى من البنية الهرمية، فعند اختبار المجموعة I بالنسبة لبعض العتبات فسيتم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات من S ولكن لن يكون هناك مجموعة منخفضة جديدة وبالتالي فستكون مجموعة فارغة وبالتالي فإن الدالتين ($CodeI()$, $ProcessI()$) لن يكونا لهما أي معنى في خوارزمية SPECK.

يتم الانتهاء من مرحلة التصنيف (the sorting) عند معالجة كل مجموعات s و I بالنسبة لحد معين للعتبة n ، يتم بعد ذلك مرحلة التحسين المعاملات (the refinement pass) الذي يقوم بتحسين

الفصل الثالث: التحفيز بخوارزمية الترميز (SPECK).

تكميم وحدات البيكسل في قائمة LSP بمجرد، القيام بذلك يتم تخفيض العتبة وتكرار العمليتين التصنيف و التحسين (the sorting, the refinement) مقابل قيمة العتبة الجديدة لقوائم LIS . تتكرر هذه العمليات حتى الحصول على المعدل المطلوب، وفي حالة ضغط بدون فقدان تقريبا يتم اختيار جميع العتبات لغاية $n=0$.

3.4.3. معالجة المجموعات S (Processing order of sets S):

بعد تحديد المعاملات الهامة في التكرار الأول، بحيث تضاف مجموعات من نوع S ذات حجم متغير في قائمة LIS فتتم معالجة المجموعات بالنسبة للعتبة المنخفضة التالية بترتيب تصاعدي وفقا لحجمها فمثلا لمجموعة بحجم 1(بيكسل) تتم معالجتها قبل مجموعة بحجم $4(2 \times 2)$ بيكسل) وهكذا.

الفكرة التي تظهر من هنا أنه أثناء تنفيذ هذه الطريقة ترسل وحدات البيكسل إلى قائمة LIS والتي لم تجري اختبار بالنسبة لقيمة العتبة الحالية، بينما قد تم ذلك لجيرانهم المباشرين عند ذات القيمة. فلهذا من المحتمل أن يتم تجميع الطاقة على مستوى مجالات التحويل، وأن هذه البيكسلات الغير مهمة ستكون قريبة من حجم وحدات البيكسل المجاورة، وعلى الرغم من أنها أقل. فمن المحتمل أن اختبار وحدات البيكسل يكون إيجابيا على بعض العتبات المنخفضة، ومنه يؤدي إلى تقليل التشويه الكلي للصورة المشفرة.

إن توقف الخوارزمية في منتصف مرحلة التصنيف (إذا تم تحقيق المعدل المطلوب)، تؤدي معالجة LIS بترتيب المتزايد وفقا لحجمها لنتحصل بالتأكيد على تحسين الأداء.

إن المعالجة المجموعات من النوع S يستلزم تقسيمها إلى أربعة نسل $O(S)$ (الشكل 7.3)، بحيث تقع كل مجموعة في مستوى محدد من البنية الهرمية وهذا ما يعادل انخفاض بمستوى واحد من الدقة.

إن حجم المجموعة S لصورة ما يتوافق مع مستوى معين من الهرم، فإذا استخدمنا قوائم تتوافق كل منها لمستوى من الهرم، فإن كل قائمة تخزن مجموعات ذات حجم ثابت و بالتالي تتم معالجة المجموعات بالترتيب وفقا لحجمها، و هنا لسنا بحاجة إلى التخلي عن سرعة الخوارزمية من أجل استخدام آلية الفرز.

الفصل الثالث: التشفير بخوارزمية الترميز (SPECK).

لأن استعمال مجموعة من القوائم لا يزيد من متطلبات الذاكرة على عكس استخدام قائمة واحدة وذلك بهدف تحقيق السرعة في عملية الترميز [A25][A24].

5.3 فك الترميز (Decoding):

يستخدم مفك الترميز نفس خطوات الترميز، بحيث يتلقى نتائج الاختبار من سلسلة البت المشفرة، كما يقوم بإنشاء نفس البنية القائمة أثناء تنفيذ الخوارزمية ومن ثم فهي قادرة على اتباع نفس المراحل لاختبارات الأهمية للمجموعات المختلفة وبالتالي إعادة بناء الصورة تدريجياً [A24].

6.3 مثال تطبيقي لطريقة الترميز SPECK:

من أجل توضيح خوارزمية SPECK، نقدم مثالا لتشفير بيانات صورة المقدمة في الفصل الأول المثال (11.1) (التحويل المويجي المتقطع لصورة 8×8)، الجدول (1.3) أدنا يمثل نتائج ترميز SPECK [A25][A29][A28]:

خطوة	وحدات البيكسل	بت المرسل	مراحل عمل	قوائم الاختبار
ارسال $n=5$ $S = S^{-1}(0,0)$, $I =$ المتبقية				LIS = {(0,0)1} LSP = ϕ
	$S^{-1}(0,0)$	1	التقسيم الرباعي، إضافة lis(0)	LIS = {(0,0)0,(0,1)0,(1,0)0,(1,1)0} LSP = ϕ
	(0,0)	1+	(0,0) a LSP	LIS = {(0,1)0,(1,0)0,(1,1)0} LSP = {(0,0)}
	(0,1)	1-	(0,1) a LSP	LIS = {(1,0)0,(1,1)0} LSP = {(0,0), (0,1)}
	(1,0)	0	لا	
	(1,1)	0	لا	
اختبر I	$S(\tau)$	1	تقسيم 3S و 1I	
	$S^{-1}(0,2)$	1	التقسيم الرباعي و إضافة LIS (0)	LIS = {(1,0)0,(1,1)0,(0,2)0,(0,3)0,(1,2)0,(1,3)0}
	(0,2)	1+	(0,2) a LSP	LSP = {(0,0), (0,1), (0,2)} LIS = {(1,0)0, (1,1)0, (0,3)0,(1,2)0, (1,3)0}
	(0,3)	0	لا	
	(1,2)	0	لا	
	(1,3)	0	لا	
	$S^{-1}(2,0)$	0	إضافة LIS (1)	LIS = {(1,0)0,(1,1)0,(0,3)0,(1,2)0,(1,3)0,(2,0)1}
	$S^{-1}(2,2)$	0	إضافة LIS (1)	LIS = {(1,0)0,(1,1)0,(0,3)0,(1,2)0,(1,3)0,(2,0)1,(2,2)1}
اختبر I	$S(\tau)$	1	تقسيم s إلى 3s	
	$S^2(0,4)$	0	إضافة LIS (2)	LIS = {(1,0)0,(1,1)0,(0,3)0,(1,2)0,(1,3)0,(2,0)1,(2,2)1,(0,4)2}
	$S^2(4,0)$	1	التقسيم الرباعي، إضافة LIS(2)	LIS = {(1,0)0,(1,1)0,(0,3)0,(1,2)0,(1,3)0,(2,0)1,(2,2)1,(4,0)2}

الفصل الثالث: التشفير بخوارزمية الترميز (SPECK).

0)1,(4,2)1,(6,0)1, (6,2)1, (0,4)2}	لا	0	$S^1(4,0)$	
LIS= {(1,0)0,(1,1)0},{0,3}0,(1,2)0,(1,3)0,(4,2)0,(4,3)0, (5,2)0, (5,3)0, (2,0)1, (2,2)1, (4,0)1, (4,2)1, (6,0)1, (6,2)1, (0,4)2}	التقسيم الرباعي و اضافة LIS(1)	1	$S^1(4,2)$	
	لا	0	(4,2)	
LSP= {(0,0), (0,1), (0,2), (4,3)}	نقل (4,3) إلى LSP	1+	(4,3)	
LIS= {(1,0)0,(1,1)0},{0,3}0,(1,2)0,(1,3)0,(4,2)0, (5,2)0, (5,3)0, (2,0)1, (2,2)1, (4,0)1, (4,2)1, (6,0)1, (6,2)1, (0,4)2}				
	لا	0	(5,2)	
	لا	0	(5,3)	
	لا	0	$S^1(6,0)$	
	لا	0	$S^1(6,2)$	
LIS={{(1,0)0,(1,1)0},{0,3}0,(1,2)0,(1,3)0,(4,2)0,(5,2)0, (5,3)0, (2,0)1, (2,2)1, (4,0)1, (4,2)1, (6,0)1, (6,2)1, (0,4)2}	إضافة LIS (2)	0	$S^2(4,4)$	n=5 اخرج
LSP={{(0,0), (0,1), (0,2), (4,3)}				

الجدول 3.1 مثال لتشفير صورة باستخدام خوارزمية speck [A28].

7.3. الخاتمة:

في هذا الفصل تم التطرق بالتفصيل على مراحل عمل خوارزمية التشفير SPECK ، والتي تعتمد على البنية الهرمية وهذا بعد اجراء التحويل المويجي لها بحيث يتم اختبار وحدات البيكسل الصورة باستخدام مناطق مستطيلة للبحث عن المعاملات الهامة مقابل عتبة يتم تعيينها ،ويتم اضافة الوحدات البيكسل الى قائمتين (LSP, LIS) بعد اجراء الاختبار ، بحيث تمكن هذه الطريقة بالحصول على نتائج افضل في الترميز و تمتع بالسرعة عالية في عملية الضغط.

الفصل الرابع:

التطبيق العملي و مناقشة

النتائج.

1.4. مقدمة:

يتم التقديم في هذا الفصل نتائج الضغط التي تم الحصول عليها باستخدام الترميز SPECK لضغط الصور الثابتة.

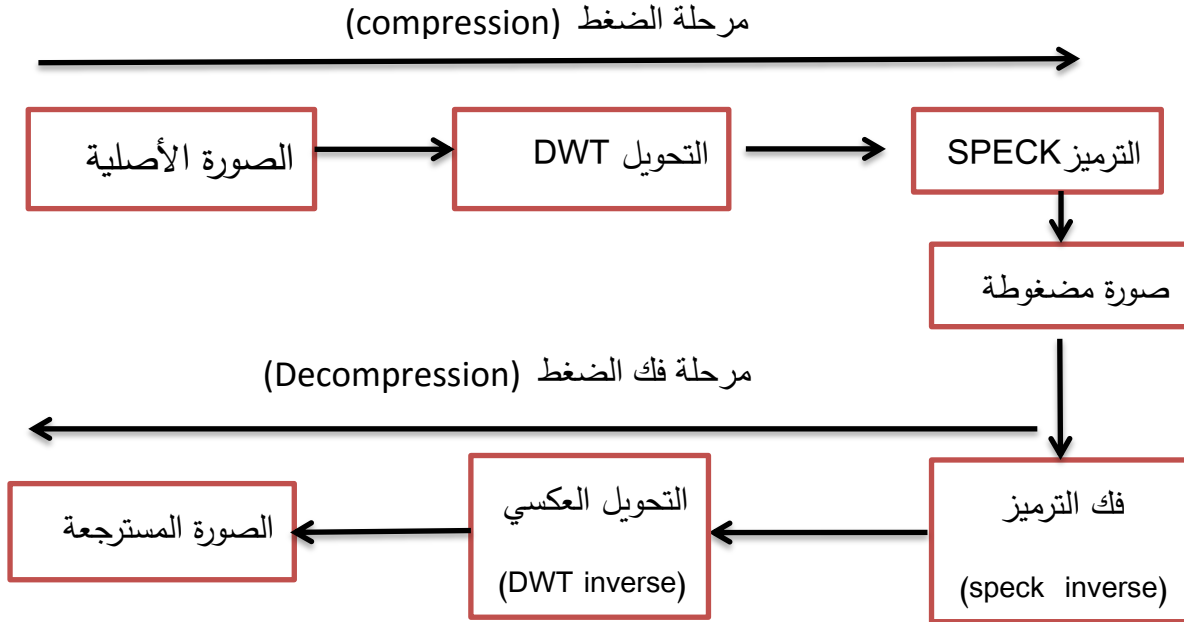
بحيث يتيح برنامج الماطلاب (MATLAB) الإمكانات لاستغلال الترميز المدروس لعملية الضغط وفك الضغط. لذلك يتم تحديد مجموعة من الأمثلة للاختبار منها الصور المرجعية المستخدمة على نظام واسع لضغط الصورة وذلك لتقييم أداء الخوارزمية.

2.4. خطوات البحث و طريقة العمل:

في هذا العمل ، يتم ضغط الصور باتباع الخطوات التالية:

- أ- إدخال و قراءة الصورة.
- ب- إجراء التحويل المويجي المنقطع (DWT) لصورة.
- ج- عملية الترميز باستخدام SPECK، الذي يحتوي على خطوتين أساسيتين هما الترميز (codage) و التكميم (quantification).

أما بالنسبة لمرحلة فك الضغط فإن الصورة تخضع إلى عمليات عكسية لمرحلة الضغط. يتم توضيح ذلك من خلال الشكل التالي:



الشكل 4. 1: مرحلة الضغط و فك الضغط لصورة باستغلال خوارزمية speck

3.4. التطبيق العملي:

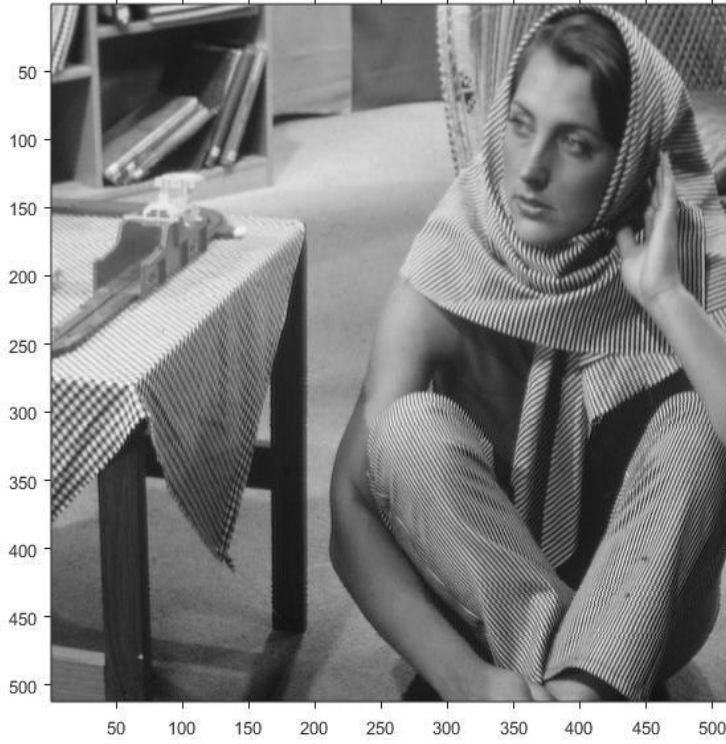
1.3.4. الصورة المستخدمة في الضغط :

قمنا بتطبيق برنامجنا على أربعة صور ذات تدرج رمادي (8 بت) و صورتين بنظام لوني RGB (24بت) و ذات أحجام مختلفة وهي:

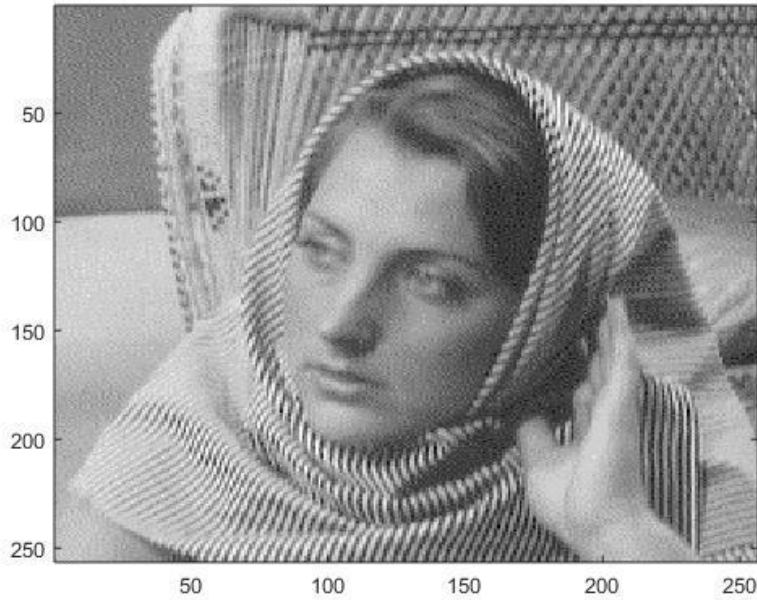
- صورة Lena (8 بت) بحجم 512×512 بيكسل (الشكل).
- صورة Barbara (8بت) بحجم 512×512 بيكسل (الشكل).
- صورة Woman (8 بت) بحجم 256×256 بيكسل (الشكل).
- صورة baby girl (8 بت) بحجم 256×256 بيكسل (الشكل).
- صورة Pepper (24 بت) بحجم 512×512 بيكسل (الشكل).
- صورة matlab (24 بت) بحجم 232×232 بيكسل (الشكل).



الشكل 4. 2: الصورة الأصلية Lena (512×512).



الشكل 4. 3: الصورة الأصلية barbara (512×512).



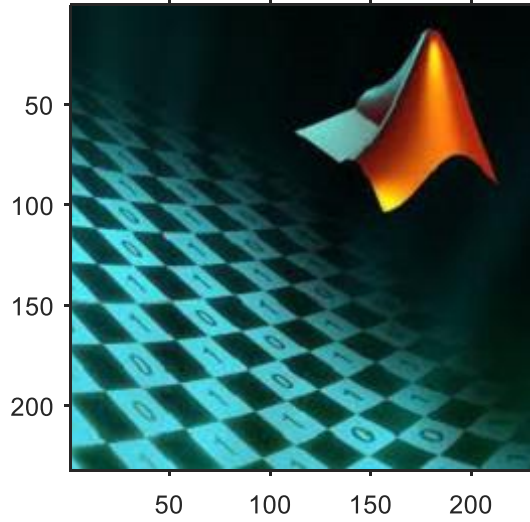
الشكل 4. 4: الصورة الأصلية Woman (256×256).



الشكل 4. 5: الصورة الأصلية Baby girl (256×256).



الشكل 4. 6: الصورة الأصلية peppers (512×512).



الشكل 4.7: الصورة الأصلية MATLAB (232×232).

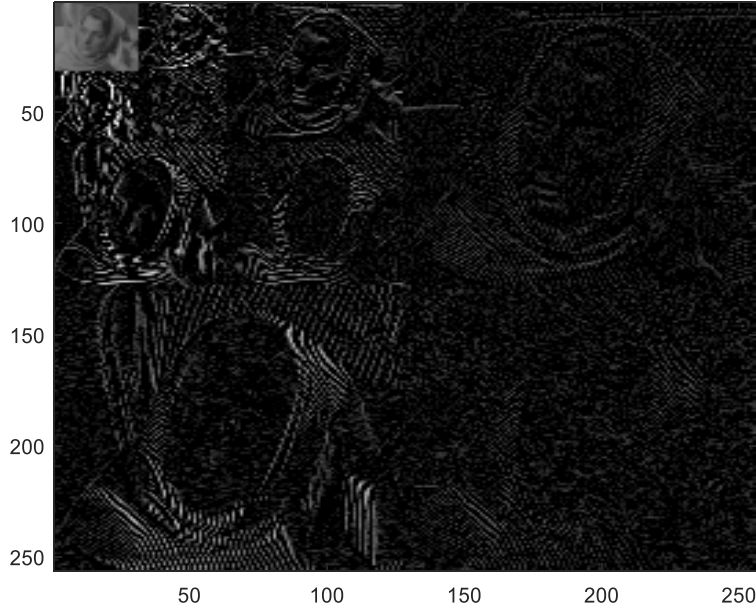
يتم اجراء التحويل المويجي المنفصل (DWT) بعد اختيار نوعية المويجة الأم المستخدمة الذي يعتمد على البناء المثالي لصورة.

ومن أهم هذه المويجات نذكر منها:

المويجات كما اصطلح في برنامج الماطلاب	مجموعة المويجات الأم
Haar	هار (Haar)
db2, db3,db4 ,..., db45	دوبيتشيز (Daubechies)
bior1.1, bior1.3,...,bior6.8 التحويل العكسي: rbio1.1,rbio1.3,...,rbio6.8	ثنائية التعامد (Biorthogonal)

الجدول 4.1: أنواع المويجات المستعملة .

عند تطبيق التحويل المويجي المنفصل وتمثيل الصور بدقة متعددة (ثلاث مستويات من تحلل) كما هو موضح في المثال أدناه. يتم بعد ذلك تطبيق الترميز SPECK الذي تم شرحه في الفصل السابق .



الشكل 4. 8: مستويات التحلل لصورة Woman بتطبيق موجة Haar.

4.4. عرض و مناقشة النتائج:

توضح الجداول التالية نتائج الترميز speck والذي تم تطبيقه على صور بأحجام مختلفة مع تغيير نوع الموجات (Haar ,Db4,Bior3.3) :

1.4.4. نتائج صورة Lena 512×512:

HAAR						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC (%)
Th/4	23900	4663	28563	26.0544	0.1	98.64
Th/8	40359	8391	48750	29.0258	0.2	97.68
Th/16	71222	18928	90150	33.1158	0.3	95.7
Th/32	124980	40075	165055	37.4567	0.6	92.13
Th/64	229985	82554	312539	42.6630	1.2	85.09

الجدول 4. 2: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة lena بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=110).

DB4						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	21593	4314	25907	26.03	0.1	98.76
Th/8	30754	6263	37017	29.49	0.14	98.23
Th/16	51743	12834	64577	33.44	0.25	96.92
Th/32	91464	26861	118325	37.644	0.45	94.36
Th/64	190762	59437	250199	42.15	0.95	88.07

الجدول 4. 3: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة lena بتطبيق موجة دوبنتشيز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=110).

Bior3.3						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	21120	4292	25412	20.25	0.096	98.79
Th/8	26168	5866	32034	28.97	0.12	98.47
Th/16	39206	9953	49159	32.72	0.18	97.66
Th/32	64506	18977	83483	36.43	0.31	96.02
Th/64	127739	39598	167337	40.1	0.6	92.02

الجدول 4. القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة lena بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=110).

الصورة المسترجعة Lena 512×512: 



2-(psnr=88.07db,RC=0.95bpp).



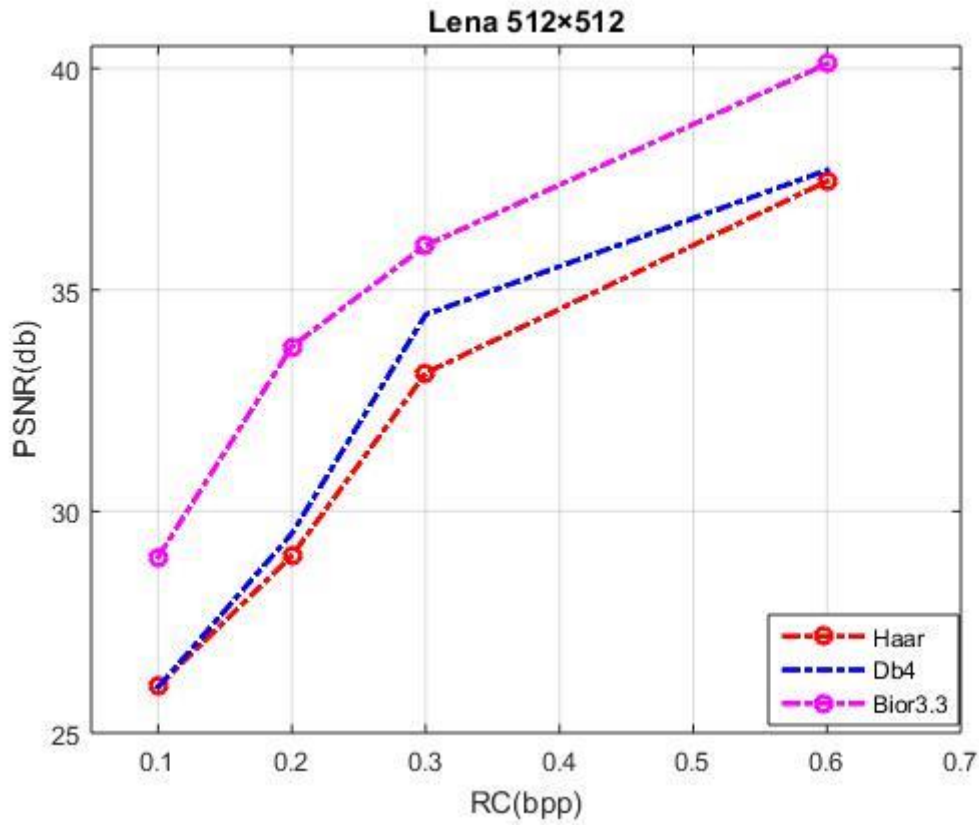
1-(psnr=42.66db,RC=1.2bpp).



3-(psnr=40.1db,RC=0.6bpp).

الشكل 4.9: الصورة المسترجعة Lena (512×512) باستعمال مويجة
(1)haar،(2)db4،(3)bior3.3 عند قيمة العتبة 64.TH.

➡ تأثير المرشحات على صورة Lena 512×512 :



الشكل 4. 10: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة lena 512x512.

2.4.4. نتائج صورة barbara 512x512:

Threshold	Haar					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	37362	7742	45104	20.24	0.2	97.84
Th/8	83945	23060	107005	26.23	0.4	94.89
Th/16	138736	49630	188360	31.32	0.72	91.02
Th/32	195032	82985	278017	36.75	1.06	86.74
Th/64	265732	124547	390270	42.61	1.4	81.40

الجدول 4. 5: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة barbara بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=112).

Db4						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	34350	7311	41661	20.34	0.2	98.01
Th/8	58788	15837	74625	26.25	0.3	96.44
Th/16	96561	32440	129001	31.33	0.5	93.85
Th/32	149652	58226	207878	36.31	0.8	90.08
Th/64	232907	97142	330049	41.69	1.3	84.26

الجدول 4.6: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة barbara بتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=112).

Bior3.3						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	31171	6526	37171	19.35	0.14	98.20
Th/8	50939	14484	65423	24.88	0.25	96.88
Th/16	79146	27575	106721	30.01	0.4	94.91
Th/32	121470	47737	169207	34.70	0.65	91.93
Th/64	186380	78489	264869	39.61	1	87.37

الجدول 4.7: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة barbara بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=112).

أ. الصورة المسترجعة Barbara 512×512 :



.(PSNR=41.69DB,RC=1.3bpp)-2



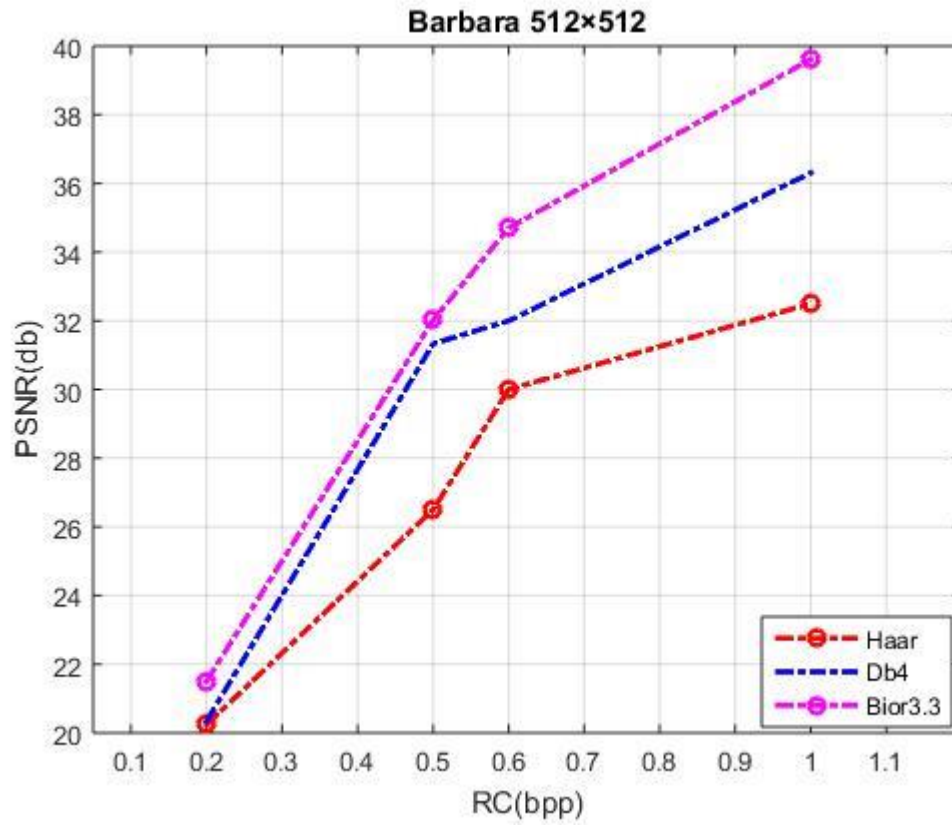
.(PSNR=42.61DB,RC=1.4bpp)-1



.(psnr=39.61db,RC=1bpp)-3

الشكل 4. 11: الصورة المسترجعة barbara (512×512) باستعمال موجة
bior3.3(3)،db4(2)،haar(1) عند قيمة العتبة TH/64.

تأثير المرشحات على صورة 512×512 barbara:



الشكل 4. 12: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة barbara (512×512)

3.4.4. نتائج صورة woman 256×256:

Threshold	Haar					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	14389	3023	17412	20.39	0.265	96.68
Th/8	39711	9995	49706	24.84	0.75	90.52
Th/16	72081	27131	99212	30.82	1.52	81.08
Th/32	82356	43079	125435	37.83	1.9	96.1
Th/64	85384	51270	136654	45.55	2.08	73.94

الجدول 4. 8: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة woman (256×256) بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=103).

Threshold	Db4					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	11827	2558	14385	20.38	0.21	97.26
Th/8	29181	6686	35867	24.63	0.55	93.16
Th/16	62205	19421	81626	29.51	1.25	84.43
Th/32	79152	36050	115202	35.92	1.76	78.03
Th/64	84516	48791	133307	43.37	2.03	74.57

الجدول 4. 9: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة woman (256×256) بتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=103).

Bior3.3						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	10536	2149	12685	18.86	0.2	97.58
Th/8	21474	5593	27067	23.69	0.41	94.84
Th/16	49507	15242	64749	27.36	0.99	87.66
Th/32	77068	32599	109667	32.74	1.67	79.08
Th/64	84936	47514	132450	40.42	2	74.74

الجدول 4. 10: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة woman (256×256) بتطبيق موجة دوبتشييز (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=103).

الصورة المسترجعة woman (256×256):



(PSNR=42.61DB,RC=1.4bpp)-2



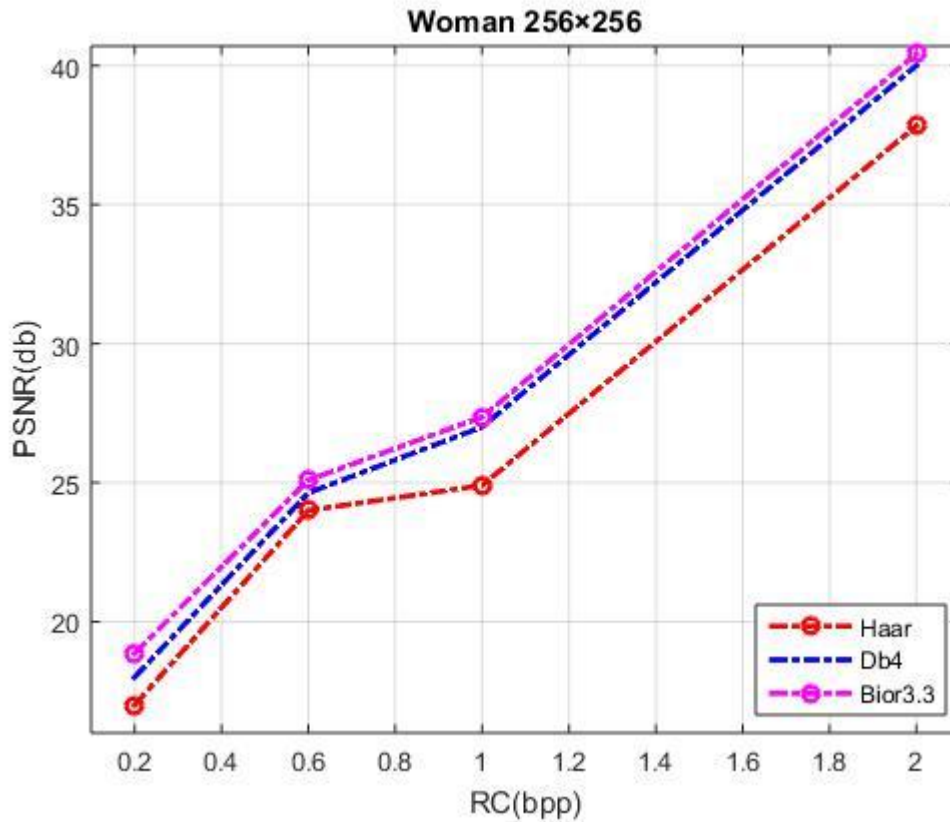
(PSNR=42.61DB,RC=1.4bpp)-1



3-(PSNR=42.61DB,RC=1.4bpp)

الشكل 4. 13: الصورة المسترجعة woman (256×256) باستعمال موجة
(1)haar،(2)db4،(3)bior3.3 عند قيمة العتبة TH/64.

➡ تأثير المرشحات على صورة woman 256×256 :



الشكل 4. 14: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة woman 256x256.

4.4.4. نتائج صورة baby girl 256x256:

Threshold	Haar					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	8843	1822	10665	19.69	0.16	97.97
Th/8	14061	2956	17017	25.57	0.25	96.75
Th/16	26528	6526	33054	29.68	0.5	93.7
Th/32	47704	15758	63462	35.13	0.96	87.89
Th/64	66339	29058	95397	41.98	1.97	81.8

الجدول 4. 11: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة baby girl (256x256) بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=126).

Db4						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	6664	1350	8014	18.99	0.12	98.47
Th/8	11674	2543	14217	25.57	0.22	97.3
Th/16	20551	5291	25842	29.91	0.4	95.91
Th/32	35223	11436	46659	35.15	0.71	91.15
Th/64	52735	21198	73933	41.35	1.3	85.89

الجدول 4. 12: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة bqby girl (256×256) لتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=126).

Bior3.3						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	RC (bpp)	TC(%)
Th/4	6460	1337	7797	18.86	0.12	98.51
Th/8	9635	2209	11844	25.19	0.18	97.74
Th/16	17114	4660	21774	29.72	0.33	95.85
Th/32	27345	9205	36550	34.43	0.56	93.03
Th/64	41192	15970	57162	39.69	0.9	89.1

الجدول 4. 13: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة baby girl (256×256) بتطبيق موجة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=126).

الصورة المسترجعة baby girl 256×256:



.(PSNR=41.35Db,RC=1.3bpp)-2



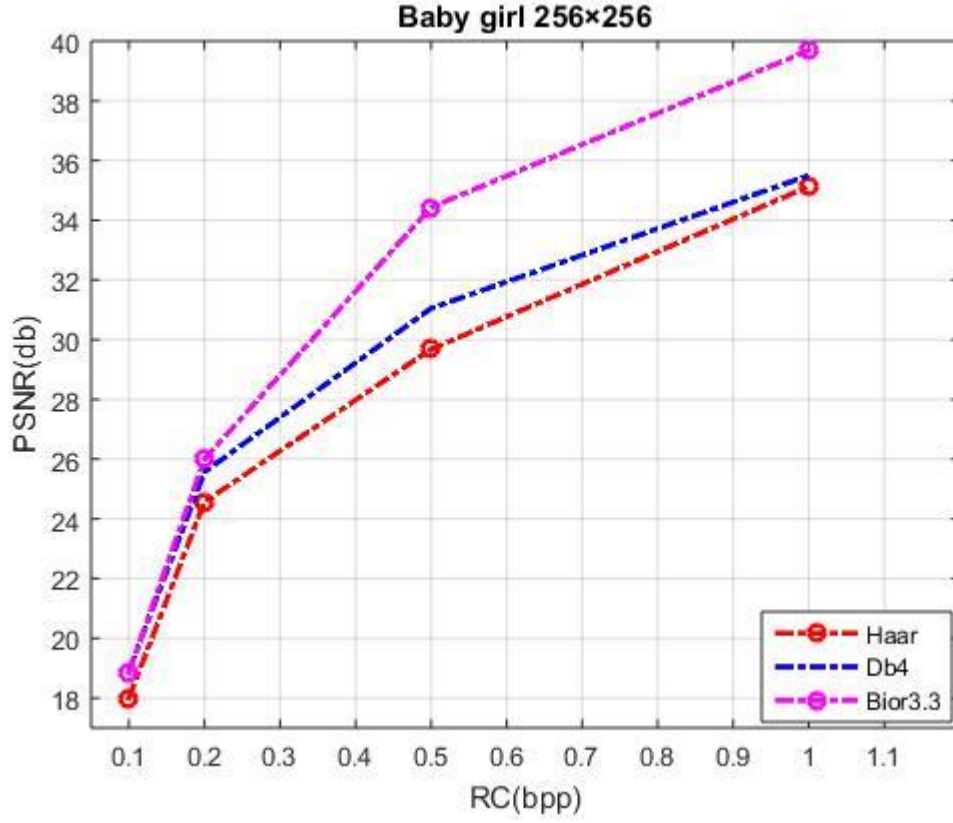
.(PSNR=41.98Db,RC=1.97bpp)-1



.(PSNR=39.69,RC=0.9bpp)-3

الشكل 4. 15: الصورة المسترجعة baby girl (256×256) باستعمال موجة
bior3.3(3)،db4(2)،haar(1) عند قيمة العتبة TH/64.

➔ تأثير المرشحات على صورة 256×256 Baby Girl:



الشكل 4.16: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة 256×256 Baby girl.

5.4.4. نتائج صورة pepper 512×512:

Haar						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	29130	5657	34787	23.11	0.13	99.45
Th/8	44549	5657	54130	27.93	0.2	99.13
Th/16	79855	19912	99767	32.18	0.4	98.41
Th/32	178804	49805	228609	36.55	0.9	96.37
Th/64	288501	110387	398888	42.32	1.5	93.65

الجدول 4. 14: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة pepper 512×512 بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=108).

Db4						
Threshold	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	24111	4789	28900	22.72	0.11	99.54
Th/8	34962	7338	42300	28.1	0.16	99.32
Th/16	57418	13612	71030	32.32	0.3	98.87
Th/32	143149	35030	178179	36.20	0.67	97.17
Th/64	265000	90043	35543	41.33	1.35	94.36

الجدول 4. 15: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة pepper (512×512) بتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=108).

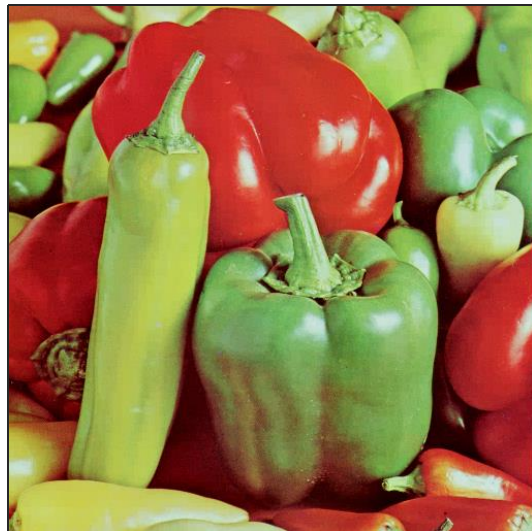
Threshold	Bior3.3					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	Rate (bpp)	TC(%)
Th/4	22163	4471	26634	19.51	0.1	99.57
Th/8	28514	6254	34768	27.73	0.13	99.45
Th/16	41178	10143	51321	31.8	0.2	99.18
Th/32	79886	20680	100566	34.66	0.4	98.4
Th/64	201645	59887	261532	37.95	1	95.84

الجدول 4. 16: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة pepper (512×512) بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=108).

الصورة المسترجعة 512×512 pepper: ↗



(PSNR=41.33DB,RC=1.35bpp)-2



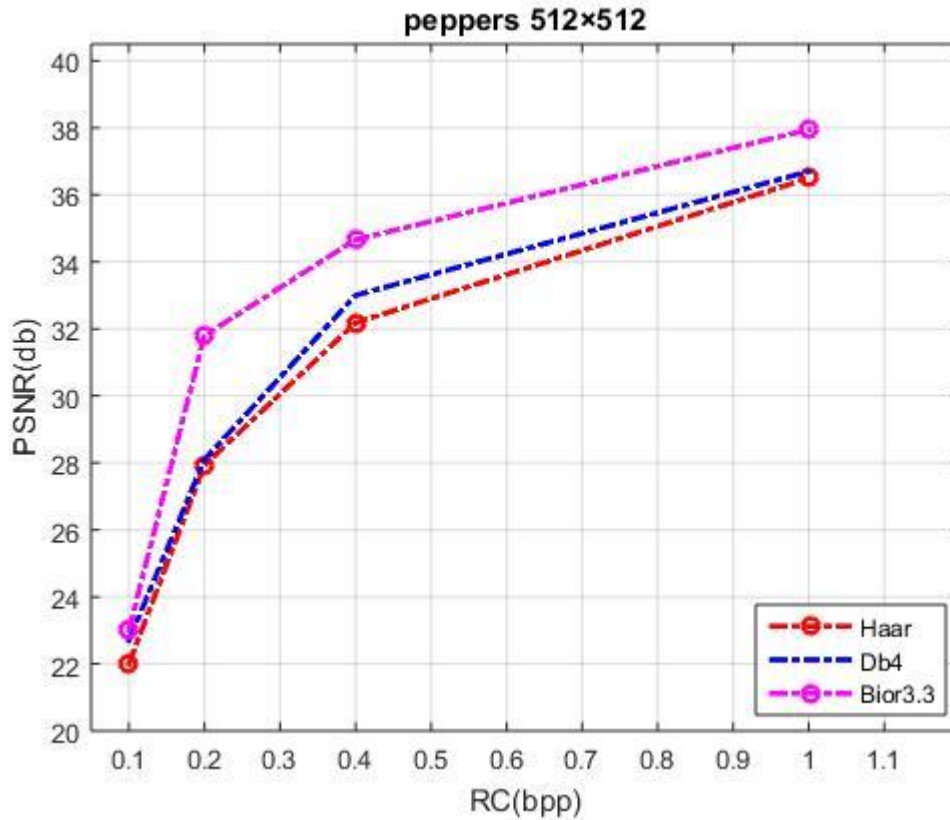
(PSNR=42.32DB,RC=1.5bpp)-1



3-(PSNR=37.95DB,RC=1bpp).

الشكل 4. 17: الصورة المسترجعة pepper (512×512) باستعمال موجة
(bior3.3(3,db4(2),haar(1) عند قيمة العتبة TH/64.

➔ تأثير المرشحات على صورة pepper:



الشكل 4. 18: مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة pepper 512x512.

6.4.4. نتائج صورة matlab 232x232 :

Threshold	Haar					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	RC (bpp)	TC(%)
Th/4	10369	2040	12409	20.94	0.23	99.03
Th/8	19478	5071	24549	26.68	0.45	98.1
Th/16	27747	9106	36853	33.19	0.69	97.15
Th/32	35876	14432	50308	40.45	0.93	96.12
Th/64	42743	20919	63662	46.88	1.18	95.07

الجدول 4. 17: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة matlab (232x232) بتطبيق موجة هار (haar) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=87).

Threshold	Db4					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	RC (bpp)	TC(%)
Th/4	5823	1117	6940	19.35	0.12	99.46
Th/8	10729	2450	13179	24.53	0.24	98.97
Th/16	19268	5891	25159	31.14	0.5	98.05
Th/32	29230	11221	40451	38.26	0.75	96.86
Th/64	37684	17348	55032	45.02	1.02	95.74

الجدول 4. 18: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة matlab (232×232) بتطبيق موجة دوبتشييز (db4) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=87).

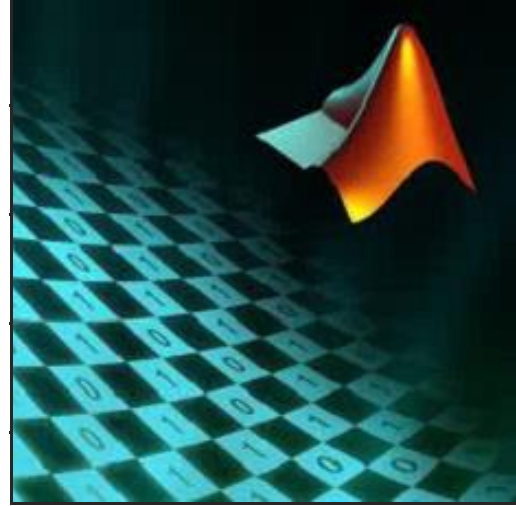
Threshold	Bior3.3					
	Outbit	Lsp	Total Information	PSNR (db)	RC (bpp)	TC(%)
Th/4	4843	987	5830	19.11	0.1	99.54
Th/8	7691	1834	9525	32.24	0.2	99.26
Th/16	13316	3815	17131	28.19	0.32	98.67
Th/32	19849	6944	26793	34.59	0.5	97.92
Th/64	28070	11401	39471	40.42	0.73	96.9

الجدول 4. 19: القيم الناتجة من عملية الترميز speck لصورة matlab (232×232) بتطبيق موجة المتعامدة (bior3.3) وعند قيم مختلفة للعتبة (Threshold=87).

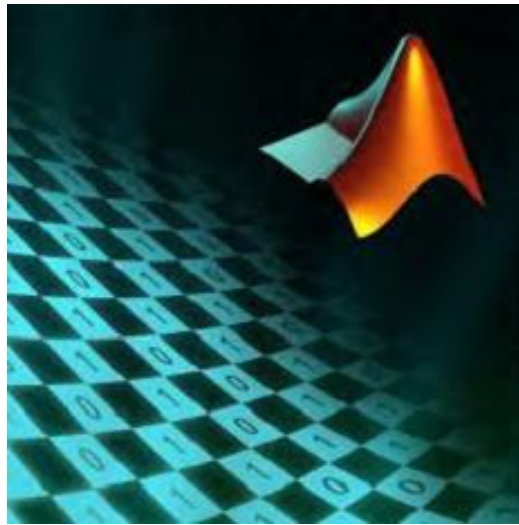
الصورة المسترجعة matlab 232×232 : \Rightarrow



(PSNR=45.02DB,RC=1.02bpp)-2



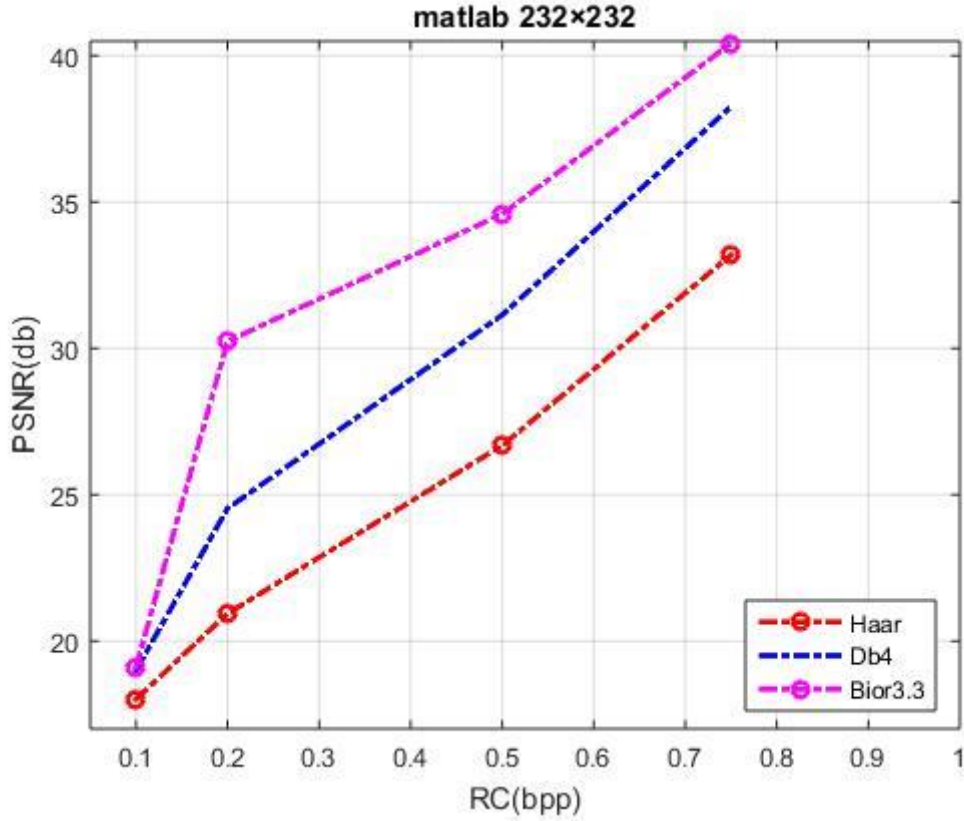
(PSNR=46.81DB,RC=1.18bpp)-1



(PSNR=40.42DB,RC=0.73bpp)-3

الشكل 4. 19: الصورة المسترجعة matlab (232×232) باستخدام موجة $haar(1)$ ، $db4(2)$ ، $bior3.3(3)$ عند قيمة العتبة $TH/64$.

تأثير المرشحات على صورة matlab 232×232:



الشكل 4. 20:مقارنة بين المرشحات المطبقة على صورة matlab 232×232 .

7.4.4. المناقشة و الاستنتاج:

انطلاقاً من نتائج الموضح في الجداول و الأشكال و باستعمال خوارزمية الترميز speck و بتطبيق ثلاث أنواع من المرشحات (haar,db4,bior3.3) على صور ذات أحجام مختلفة واعتماداً على قيم كل من PSNR,TC :

بتغيير قيمة العتبة (TH/4 ,TH/8 ,TH/16,TH/32,TH/64) لعدة مستويات تبرز اختلاف قيم كل من PSNR و TC .

في حالة قيم العتبة المنخفضة تزداد قيمة PSNR والتي تمثل جودة إعادة بناء الصورة ،بحيث تكون الصورة المسترجعة قريبة من الصورة الأصلية وهذا يوافق انخفاض في معدل الضغط الناتج .بينما في حالة العتبة العالية يوضح نسبة استرجاع الصورة ضئيل و بالتالي تحقيق نسبة عالية في الضغط. من خلال المنحنيات PSNR بدلالة RC نلاحظ كلما كان تمثيل البت في كل بيكسل قليل يؤدي ذلك بالحصول على قيم PSNR ضئيلة و في حالة قيم RC المرتفعة يتم الحصول على جودة استرجاع جيدة لصورة . و بتغيير نوعية المرشحات المطبقة على كل الصور المختبرة أثبتت نتائج موجات Bior3.3 تقدمها على كل من DB4 و Haar بحيث تم تحقيق قيم قليلة في RC وارتفاع في قيم PSNR و الحصول على جودة استرجاع جيدة مقارنة بكل من هار (haar) و دويتشيز (db4).

5.4. الخاتمة:

في هذا العمل، تم الحصول على نتائج جيدة وهذا انطلاقا من عدة مقاييس وهي: PSNR و TC. بحيث يتأثر الضغط بحجم الصورة المستخدمة و بنوعية المرشحات المستعملة و أيضا بقيمة العتبة التي يتم تحديدها.

تستغل خوارزمية SPECK الشكل الهرمي لصورة بعد اجراء التحويل المويجي وهذا ما يسهل عملية التقسيم الكتل وبالتالي تسهيل عملية الترميز. بحيث يحقق خاصية الارسال التدريجي.

خاتمة عامة:

خاتمة عامة:

إن ضغط الصورة لا يعني بالضرورة انخفاض في الجودة، و لكنه في الواقع هو التخلص من البيانات التي تعتبر غير ضرورية والذي لا يمكن رؤيته بالعين البشرية.

الترميز speck من بين طرق الضغط التي تعتمد على الموجات المتقطعة الذي تطرق له في هذه المذكرة، حيث يوفر خاصية الإرسال التدريجي لصورة المشفرة مع تحقيق أداء مميّز و كفاءة عالية، يظهر هذا من خلال النتائج المتحصل عليها في الفصل الرابع.

ترجع سرعة خوارزمية الترميز speck عن طريق اعتماده على كتل أو بلوكات منخفضة التعقيد، فهو يعمل على تجزئة متكررة لترتيب المجموعات الفرعية من معاملات الموجات وفقا لحجمها، مما أدى بالحصول على نتائج جيدة و سرعة في عملية الضغط وفك الضغط.

إن إقتراح ترميز speck أكثر تطورا يعتمد على طريقة الشرائط المحولة bandelet transformation بدلا من التحويل المويجي وهذا لمواكبة التطور القائم في ميدان المعالجة الرقمية .

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

قائمة المراجع باللغة العربية:

- [1] عبده حسن جروب، "البحث عن الصور على أساس تحليل محتواها"، مجلة العلوم و التكنولوجيا المجلد (15) العدد (1) ، قسم علوم الحاسوب وتقنية المعلومات، جامعة العلوم والتكنولوجيا، اليمن، 2010.
- [2] هند رستم محمد شعبان، "أساسيات معالجة الصورة الرقمية"، رقم الإيداع في دار الكتب و الوثائق الوطنية ببغداد ، 2008.
- [3] رفائيل غونزليز، "معالجة الصور الرقمية"، معن عمار، المركز العربي لتعريب و الترجمة وتأليف والنشر، دار الكاتب العربي بدمشق، 1992.
- [4] مزهر باقر صالح، "إزالة الضوضاء الجمعية من الصور الملونة باستخدام مرشح تقريب المربعات الصغرى الخطي"، مجلة كلية التربية العدد (1)، الجامعة المستنصرية-كلية العلوم،العراق، 2010.
- [5] فارس القنيعير، "معالجة الصور (image processing)" ،مدونة فارس القنيعير، 2014، <http://qunaieer.com>.
- [6] عبد زيد.و، جابر.أ، صلال.ر، "ضغط الصورة و استرجاعها باستخدام التحويل المويجي"، شهادة البكالوريوس، جامعة القادسية،العراق، 2014 .
- [7] محمد الحمد ، تقنيات الضغط، الفصل الرابع ، جامعة حماة سورية - الكلية التطبيقية- قسم تقنيات الحاسوب،سوريا ، 2014.
- [8] هبة محمد قداحة، "نمذجة و محاكاة إنجازية الشبكات عالية السرعة من اجل تطبيقات الوسائط المتعددة"، درجة ماجستير، جامعة تشرين ،كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية-سوريا، 2007.

- [9] مصطفى.ف.ع،السليفاني.أ.غ،"كبس الصور الفضائية باستخدام شجرة الصفر للموجة المظمورة"، مجلة الرافدين لعلوم الحاسبات والرياضيات ،المجلد 3 ،العدد 2،جامعة الموصل،العراق،2006.
- [10] مفضي.ف.ح،حمزات.ح،"ضغط الصور المجسمة بتقدير الفرق بين الصورتين واستخدام التحويل الانحنائي الرقمي ثنائي البعد"،مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية،سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد(1)،ص461-477،2015.
- [11] ع.م.عبد الشاهد، ز.المنتصر، إ.بادي،"التحويل المويجي في الكشف الآلي عن الأعطال"، مجلة البحوث الأكاديمية ،العدد (13)،جامعة مصراته-ليبيا، جانفي 2019.
- [12] ميا.علي، ساعي. مريم، "تحويل الموجات و المعالجة متعددة الدقة"، المحاضرة 7-السنة الخامسة لهندسة الحاسبات والتحكم الآلي، جامعة تشرين،سوريا،2019.
- [13] سليمان.أ.م،الارحيم.ف.ي،"تنقية الإشارة باستخدام التحويل المويجي"، مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات،المجلد 9، العدد 2، ص143-157،العراق، 2012.
- [14] بوقريبات موني،" موجات تشيبيشيف في حل فولتيرا التفاضلية-التكاملية الناتجة من معادلة Lane- Emden"،مذكرة ماستر ،جامعة قاصدي مرباح ،ورقلة،2018.
- [15] برلنت م.م، تغريد.ك، طريقة موجة دوبتشيز - غالركين لحل بعض المعادلات التفاضلية العادية، جامعة دمشق، مجلة جامعة البعث المجلد 83 العدد 16 ، 2016.
- [16] آلاء الجيلو،"تحسين الكلام و التخلص من الضجيج باستخدام الموجات"، درجة ماجستير، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا،سوريا ، 2015.

- [A1] OUAFI Abdelkrim, “**Chapitre 1. Géométrie des images vision 3D**”, cours 2^{ème} Master Electronique des Systèmes Embarqués, Université Mohammed Khider de Biskra, 2017.
- [A2] <https://lestaret.wordpress.com/2016/05/12/new-vectors/>
- [A3] Mamta Sharma, ” **Compression Using Huffman Coding** “, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.10 No.5, May 2010.
- [A4] SAHIR MOURAD, ” **Compression des images numériques par la technique des ondelettes**”, MEMOIRE MAGISTER, UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF UFAS -ALGERIE, 2011.
- [A5] Chérif TAOUCHE, ” **Implémentation d'un Environnement Parallèle pour la Compression d'Images à l'aide des Fractales**”, diplôme de Magister, Université Mentouri Constantine, 2005.
- [A6] Shannon, C. E. (1948), "A **mathematical theory of communication**", Bell System Tech. Journal, vol. 27, p. 379-423 and p. 623-656.
- [A7] https://en.wikipedia.org/wiki/Entropy_encoding
- [A8] D. A. Huffman, “ **A method for the construction of minimum - redundancy codes**” , Proceedings of the Institute of Radio Engineers, pp 1098–1101. sept. 1952.
- [A9] P. G. Howard and J. S. Vitter, “**Arithmetic Coding for Data Compression**”, Proceedings of the IEEE, 82(6), pp. 857-865, June 1994.

- [A10] I.H. Witten, R. M. Neal, and J. G. Cleary,” **ARITHMETIC CODING FOR DATA COMPRESSION** ‘’, communications of the ACM, volume 30 number 6,pp520-540, June 1987.
- [A11] Welch T.A., “**A technique for high performance data compression**”, IEEE Computer, 17, pp. 8–19, 1984.
- [A12] <https://ar.wikipedia.org> .
- [A13] M. Shapiro, “**Embedded image coding using zerotres of wavelet coefficients**,” IEEE Transaction on Signal Processing, VOL. 41 ,NO.12 pp. 3445–3462, Dec. 1993.
- [A14] A. Said and W.A. Pearlman, “**A new, fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees**,” IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6, pp. 243–250, Juin 1996.
- [A15] https://en.wikipedia.org/wiki/Short-time_Fourier_transform.
- [A16] R. M. Timoney, ‘’ **An Introduction to Wavelets**’’, Lectures delivered at Nicholas Copernicus University, Torun, March, 2000.
- [A17] T.Acharya,P.S.Tsai,’’ **JPEG2000 Standard for Image Compression Concepts, Algorithms and VLSI Architectures**’’, A JOHN WILEY & SONS, INC, Hoboken, New Jersey and Canada,2005.
- [A18] LAHDIR. LEILA,’’ **Compression d’images par SPIHT appliqué dans le domaine des ondelettes entières :Application aux images MSG** ‘’, memoire de magister, universite mouloud mammeri, tizi-ouzou.
- [A19] ZITOUNI Athmane, ‘’ **Ondelettes et techniques de compression d’images numérique** ‘’, Diplôme de Doctorat, universite mohamed khider biskra,2012.

- [A20] S. G. MALLAT, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. VOL. II, NO. 7, pp 674-693, JULY 1989 .
- [A21] F. Truchetet , "Ondelettes pour le signal numérique " , Editions Hermes, Paris, 1998.
- [A22] Ouafi abdelkarim, « Compression d'images avec pertes par codages imbriqués Proposition d'une optimisation de l'algorithme EZW » Thèse de Doctorat, université Mohamed Khider Biskra, 2009.
- [A23] A. Islam and W. A. Pearlman, "An embedded and efficient low-complexity hierarchical image coder," Visual Communications and Image Processing '99, Proceedings of SPIE, vol. 3653, pp. 294–305, Jan. 1999.
- [A24] R.Sudhakar, R Karthiga, S.Jayaraman, "Image Compression using Coding of Wavelet Coefficients – A Survey," ICGST-GVIP Journal, Volume (5), Issue (6), June 2005.
- [A25] W. A. Pearlman, A. Islam, N. Nagaraj, and A.Said, "Efficient, Low-Complexity Image Coding with a Set-Partitioning Embedded Block Coder", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Volume: 14 , Issue: 11 , May 2003 .
- [A26] William. A. Pearlman and A. Said. "Set Partition Coding: Part I of Set Partition Coding and Image Wavelet Coding Systems". Foundations and Trends in Signal Processing .Vol. 2, No. 2., p137, 2008.
- [A27] H. Laila et L.Meriem , "Optimisation de l'algorithme de compression d'image à base de SPECK " ,Mémoire MASTER ,Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued, juin 2019.
- [A28] ZITOUNI.Athmane, "compression d'image en mouvement par la transformé en ondelettes" , thèse de magister, université Mohamed Khider – Biskra , 2003.

- [A29] Hamedi dalal, ”**compression image par speck** ”, **mémoire ingénieur**, Université Mohamed Khider – Biskra ,2005.

الملاحق

الملاحق:

الملحق (1): تطبيق خوارزمية الترميز EZW على مصفوفة الاختبار 8×8 :

Comment	Subband	Coefficient value	symbol
(1)	LL3	63	POZ
	HL3	-34	NEG
(2)	LH3	-31	IZ
	HH3	23	ZTR
(3)	HL2	49	POS
	HL2	10	ZTR
	HL2	14	ZTR
	HL2	-13	ZTR
	LH2	15	ZTR
	LH2	14	IZ
	LH2	-9	ZTR
(4)	LH2	-7	ZTR
	HL1	7	Z
	HL1	13	Z
	HL1	3	Z
	HL1	4	Z
(5)	LH1	-1	Z
	LH1	47	POZ
	LH1	-3	Z
	LH1	-2	Z
	LH1	-2	Z