

## Comparison Study for Three Compression Techniques (Wavelet, Contourlet and Curvelet Transformation)

*Shahad M. Sulaiman*

*shahad.csp161@student.uomosul.edu.iq*

*Hadia S. Abdullah*

*hadiasalih@uomosul.edu.iq*

*Department of Computer Science  
College of Computer Science and Mathematics  
University of Mosul, Mosul, Iraq*

**Received on: 18/11/2020**

**Accepted on: 05/01/2021**

### ABSTRACT

Researches and studies on compressing digital images are aiming to make it easier to deal with networks, communications and Internet by reducing the size of the multimedia files transferred, and reducing the execution time and transmission time. In this research, the lossy compression method was adopted as one of the solutions that reduce the size of the data required to compress the image, through the process of compression of digital image data using Discrete Wavelet Transform algorithms using Haar filter, and Contourlet. Using Laplace and Directional Filter, Curvelet transformation using FDCT- Wrapping Technology. The performance of the algorithms used in the proposed research is also evaluated using a Ratio Compression (RC) scale, As well as the Peak signal to noise ratio (PSNR) scale, the mean sequence error (MSE) scale, the signal to noise ratio (SNR) scale, and finally, the Normalization correlation (NC) scale. Correspondence between the original image and the recovered image after compression, in order to choose the best algorithm that achieves the best compression ratio of the image and maintains the parameters of the recovered image based on the standards (MSE, PSNR, SNR, COR and CR) used with the three algorithms, and the results showed that the Curvelet transformation algorithm achieved : best compression ratio, but at the expense of image quality.

**Keywords:** Digital Image Compression, Wavelet Transform, Contourlet Transform, Curvelet Transform.

دراسة مقارنة لثلاث تقنيات كبس (تحويل المويجي، التحويل الكنتوري، التحويل الكيرفليت)

هدية صالح عبد الله

شهد محفوظ سليمان

قسم علوم الحاسوب، كلية علوم الحاسوب والرياضيات

جامعة الموصل، الموصل، العراق

تاريخ قبول البحث: ٢٠٢١/٠١/٠٥

تاريخ استلام البحث: ٢٠٢٠/١١/١٨

### المخلص

تهدف البحوث والدراسات الخاصة بكبس الصور الرقمية الى سهولة التعامل مع الشبكات والاتصالات والانترنت، وذلك من خلال تقليل حجم ملفات الوسائط المتعددة المنقولة، وتقليل زمن التنفيذ وزمن الارسال. وقد تم في هذا البحث اعتماد طريقة كبس الصور الرقمية بفقدان (Lossy Compression) كأحد الحلول التي تعمل على

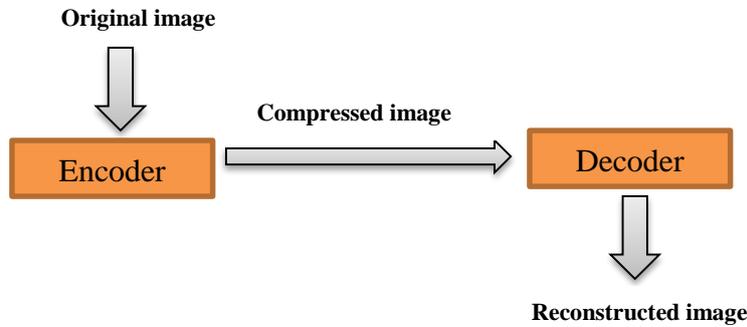
تقليل حجم البيانات المطلوبة لكبس الصورة، وذلك من خلال عملية كبس بيانات الصورة الرقمية باستخدام خوارزميات التحويلات (الموجي) Discret Wavelet Transform (DWT2) باستخدام الفلتر Haar، والكنتوري Contourlet Transform باستخدام الفلتر لابلاس والاتجاهي، والكيرفلت Curvelet Transform باستخدام تقنية التغليف ((warping)). كما يتم تقييم أداء الخوارزميات المستخدمة في البحث المقترح باستخدام مقياس نسبة كبس الصورة (Compression Ratio (RC)، وكذلك مقياس نسبة الإشارة الى الضوضاء العظمى Peak signal to noise ratio (PSNR)، ومقياس متوسط الخطأ التربيعي (mean square error (MSE)، ومقياس نسبة الإشارة الى الضوضاء (SNR) signal to noise ratio) واخيراً مقياس ترابط التربيعي Normalization correlation (NC) أي نسبة التطابق بين الصورة الاصلية والصورة المسترجعة بعد عملية الكبس. وذلك لاختيار افضل خوارزمية تحقق افضل نسبة كبس للصورة وتحافظ على معالم الصورة المسترجعة بالاعتماد على مقاييس (MSE, PSNR, SNR, COR and CR) المستخدمة مع الخوارزميات الثلاثة، واظهرت النتائج ان خوارزمية تحويل الكيرفلت حققت افضل نسبة كبس، ولكن على حساب جودة الصورة.

**الكلمات المفتاحية:** كبس الصورة الرقمية، التحويل الموجي، التحويل الكنتوري، التحويل الكيرفلت.

## 1. المقدمة

إن مصطلح معالجة الصور الرقمية (Image Processing) هي تمثيل للصور الثنائية الابعاد على الحاسوب وبواسطة الصفر والواحد (01)، وتتكون كل صورة رقمية على الحاسوب من (Pixel) وهو اصغر وحدة في الصورة وكل صورة تحتوي على صفوف واعمدة من البكسلات (pixels) وكلما زادت عدد البكسلات كانت الصورة أوضح [1].

في السنوات الأخيرة ازدادت ضخامة المعلومات الصورية المخزونة التي تعالج رقمياً، في مختلف الاختصاصات والتطبيقات، وان عملية نقل المعلومات عبر الوسائط المتعددة او على شبكة الانترنت تحتاج الى معالجة من قبل الحاسوب لأنها تحتاج الى وحدة خزن كبيرة ليتم ارسالها بشكل حزم كما يستغرق ارسالها وقت طويل ولهذا اصبحت التقنيات بحاجة الى الكبس [2]. تتضمن عملية الكبس مفهومين اساسيين هما تقليل المعلومات المنقولة أو ازالة بعض المعلومات المتكررة وتقليل الضوضاء التي تصاحب هذه المعلومات، بحيث لا تؤثر على درجة وضوحية الصورة لذا يتم تشفيرها ثم فتح التشفير لاسترجاع الصورة وكما في الشكل (1)، وتعد طريقة الكبس الحل الأمثل لتقليل حجم البيانات التي تتطلب لتمثيل الصورة الرقمية التي تكون على شكل مصفوفة مربعة ثنائية الابعاد [2] [3].



الشكل (1) يوضح عملية الكبس

## 2. الاعمال السابقة

إن كفاءة تقنيات وطرائق الكبس المختلفة أدت إلى استخدام الكبس في عدة مجالات وخاصة في مجال معالجة الصور، وقد تم إنجاز العديد من البحوث في هذا المجال في الدراسات السابقة. فقد قام عدد من الباحثين بتصميم أنواع متعددة من الخوارزميات المخصصة لعملية كبس الصور باستخدام التحويل الموجي وتحويل الكنتوري وتحويل الكيرفليت. في عام 2002 قد الباحث Minh N. Do أطروحته للدكتوراه التي تُعدُّ الأساس في انطلاقة التحويلات الكنتورية حيث اعتمد الباحث طريقة جديدة وفعالة وذات خصائص لم توفر في أي تحويل آخر من تحويلات الصور المعروفة ومن تلك الخصائص الدقة المتعددة والاتجاهية المتعددة في التحليل [4]. في عام 2005 قدم Peter Michael, AhmedNabil بحثاً بعنوان كبس الصور باستخدام التحويل الكنتوري وتم اجراء مقارنة بين الكنتورليت وتحليل الموجات من حيث جودة النتيجة وكبس البيانات باستخدام مقاييس CR,PSNR فكانت نسبة الكبس بالكنتورليت افضل من الموجي كونه يأخذ المتعرجات الناعمة [5]. وقدم الباحث A. Vasuki في عام 2009 بحثاً بعنوان كبس الصور التدريجي باستخدام التحويل الكنتوري يعمل بكفاءة في النقاط المعلومات بشكل مباشر ومرن بالاعتماد على دوال وتقييم النتائج على اساس المقاييس PSNR,CR وكانت نسبة الكبس جيدة [6]. في عام 2012 فقد قدم الباحثان Maske & Patil اسلوباً لمقارنة كبس الصور باستخدام التحويل الموجي مع تحويل كيرفليت والارسال عبر القناة اللاسلكية وتقييم الاداء على اساس المقاييس المختارة فكانت نسبة الكبس جيدة بخوارزمية تحويل الكيرفليت [7]. في عام 2012 قدمت Walaa M. Abd-Elhafiez بحثاً بعنوان خوارزمية كبس الصور باستخدام تحويل الكيرفليت اعتمدت على تقسيم الصورة الى كتل من البكسل والاحتفاظ بعدد معين وحظر الباقي في DCT واعطت نتائج كبس جيدة بالاعتماد على مقاييس محددة [8]. في عام 2014 قدم Mridul Kumar Mathur بحثاً دراسة مقارنة لمختلف تقنيات كبس الصور بفقدان باستخدام التحويل الموجي وDCT وVQ فكانت نتائج نسبة الكبس باستخدام تحويل الموجي افضل من DCT ,VQ [9]. في عام 2018 قدم السمويل صالح بحث بعنوان تحسين نسبة ضغط الصور المجسمة باستخدام التحويل الموجي المنقطع حيث اختار نموذج Teddy لأختبار زوج من الصور المجسمة وتقييم النتائج باستخدام المقاييس لاختبار فعالية وجودة خوارزمية الكبس فحققت افضل نتيجة للصورة المسترجعة [17]. وفي عام 2018 قدم Khireddine بحثاً بعنوان الاسلوب السريع والفعال لكبس الصور باستخدام التحويل الكيرفليت ومقارنة خوارزمية ترميز الصور التكميلية بالطرق Curvelet – SPIHT و – Wavelet SPIHT وإزالة الترددات العالية فأظهرت النتائج تحسين كبير في نسبة الكبس والاشارة الى الضوضاء العظمى [10]. قدم حسن ماهر نعمة في عام 2019 بحث بعنوان طريقة المهجنة لكبس الفيديو الرقمي باستخدام تقنيه التحويل الموجي وشجرة الصفر الموجية المطمورة [18].

## 3. مشكلة البحث وأهدافه وأهميته:

بناء على البحوث السابقة مشكلة البحث هي ازدياد التوجهات الحديثة في الأونة الاخيرة لاستخدام كبس الصور الرقمية في كثير من التطبيقات المدنية والعسكرية وذلك لظهور تقنيات معاصرة مما ساهم في زيادة حجم هذه الصور مثل تقنية الدقة العالية (High Definition (HD وتقنية ثلاثية الابعاد (Three Dimensions (3D)) ادى الى زيادة حجم الخزن وتكاليف الارسال، لذلك كانت هناك حاجة متزايدة لإيجاد تقنيات الكبس لتخفيض تكاليف الخزن وتقليل وقت الارسال وتحافظ على جودة صورة.

واحدى حلول هذه المشكلة هي دراسة تطبيق خوارزميات تحويلات (المويجي والكنتوري والكيرفليت) في تقنية كبس الصور الرقمية ومقارنة نسبة الكبس بين الخوارزميات للتحويلات (المويجي والكنتوري والكيرفليت) بالاعتماد على المقاييس (COR،CR،SNR،PSNR،MSE)، لغرض الوصول إلى أحسن النتائج في الاسترجاع الصورة والاحتفاظ بالمعالم الاساسية للصورة.

تستخدم تقنية كبس الصور لتوفير المساحة تعني توفير مساحة التخزين وتسهيل عملية نقلها وارسالها عبر وسائل وتقنيات الاتصال، ففي حال عدم استخدام تقنية كبس الصورة سوف نضطر لحجز مساحات كبيرة جداً لحفظ الصورة وكذلك سنحتاج لوقت كبير جداً لإرسال الصورة.

#### 4. تقنيات كبس الصور

يعرف الكبس بأنه تقنية تُستخدم لتقليل حجم ملف البيانات للصورة الرقمية لغرض المعالجة والخرن والنقل، مع الاحتفاظ بالمعلومات الضرورية للصورة [11]، وهناك نوعان من الكبس:

##### I. الكبس بدون فقدان Lossless Compression

في هذا النوع من الكبس من الممكن إعادة البيانات التي تم كبسها وبشكل مطابق للبيانات الأصلية، اي تسترد البيانات الاصلية للصورة بشكل دقيق بدون فقدان [12] [11]، ومن طرائق الكبس المستخدمة في هذا النوع:

- ❖ طريقة ترميز هوف مان Huffamn Coding .
- ❖ طريقة الترميز الرياضي Arithmetic Coding .
- ❖ طريقة Lempel Ziv Welch (LZW) Coding .

##### II. الكبس بفقدان Lossy Compression

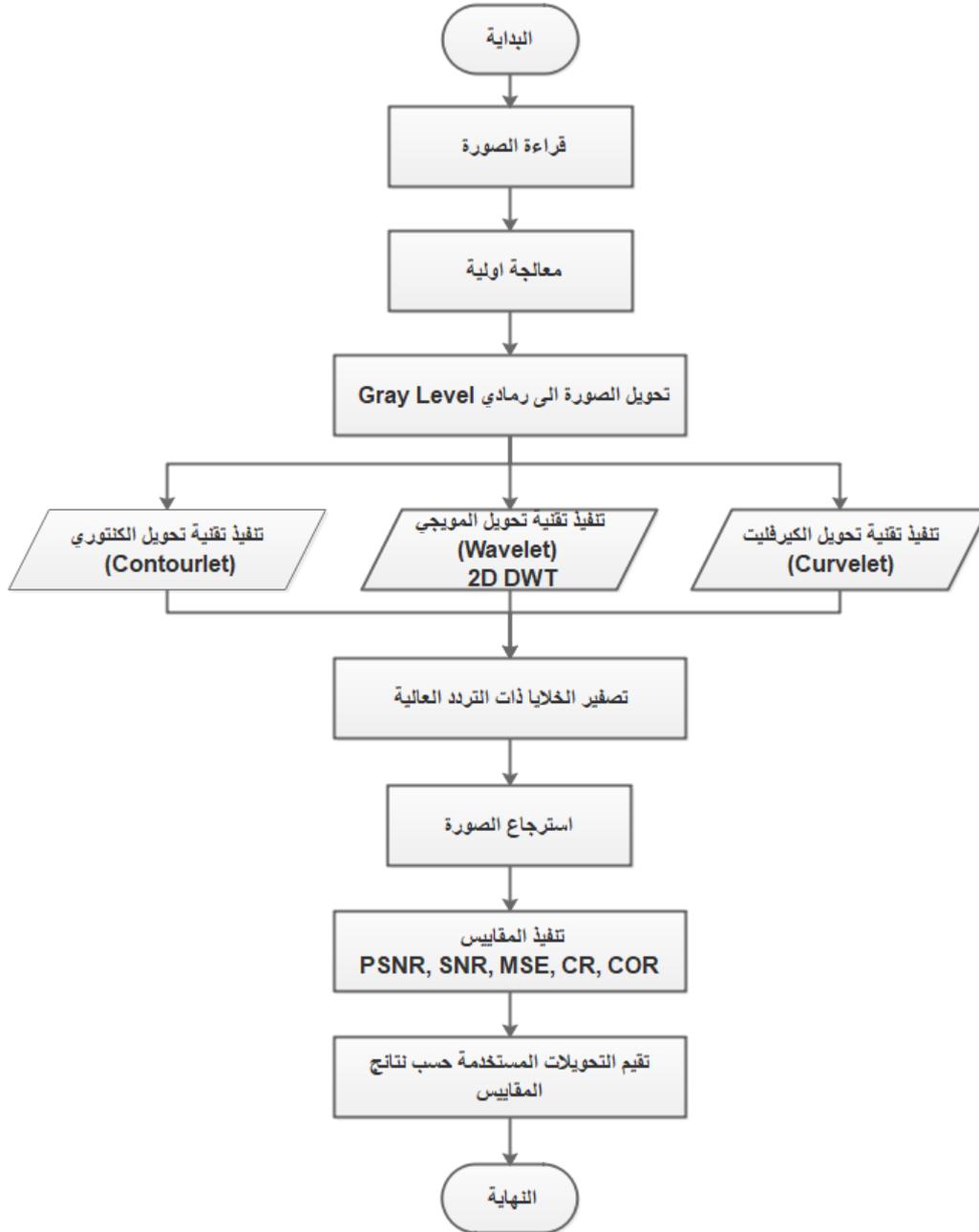
يتم في هذا النوع فقدان جزء من مجموعة البيانات للصورة الأصلية ولكن هذا الفقدان قد لا يؤثر بالدرجة الكبيرة على المعالم الرئيسية للصورة عند الاسترجاع، اي ان نسبة التشوه في الصورة قليل جدا وكلما كان التشوه اقل ونسبة الكبس اعلى تكون الصورة المكبوسة اقرب الى الصورة الاصلية [11] [12]. ومن الاسباب الموجبة لهذا النوع من الكبس هي الحاجة للحصول على اقل حجم للصورة لأجل إرسالها عبر قناة الانترنت والخرن داخل القرص ومن طرائق الكبس المستخدمة في هذا النوع:

- ❖ تحويلات المويجية (Wavelet).
- ❖ تشفير شجرة الصفر المويجية المظورة (EZW).
- ❖ التكميم الاتجاهي (V.Q.).
- ❖ التقسيم الشجري الرباعي (Quadtree).

#### 5. منهجية ومخطط البحث:

تم العمل في هذا البحث على تنفيذ خوارزميات التحويلات (المويجي والكنتوري والكيرفليت) لكبس صور الرقمية تتضمن عملية التنفيذ عدة مراحل وهي إدخال الصورة الرقمية، قراءة الصورة واجراء معالجة اولية، تحليل الصورة باستخدام الخوارزميات الثلاثة، تصفير الترددات العالية، استرجاع الصورة بعد الكبس ومن ثم الخطوة

الاحيرة تطبيق المقاييس. كما في الشكل أدناه الذي يوضح المخطط العام للبحث في تقنية كبس الصور باستخدام الخوارزميات الثلاثة.

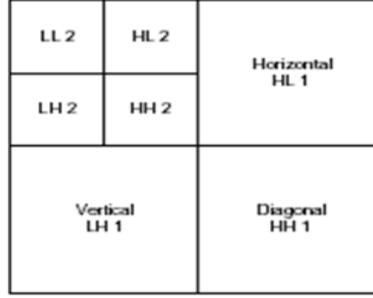


المخطط العام للبحث يوضح تقنية الكبس للصور باستخدام الخوارزميات الثلاثة

## 6. طريقة البحث:

يعتبر التحويل المويجي المتقطع 2D DWT من التطبيقات المهمة التي تم استخدامها في معالجة الصور الرقمية (Image Processing) ومن هذه التطبيقات كبس الصور وتشفيرها (Image Compression and Coding)، والذي يتعامل مع الصور من خلال التفاصيل التي تتمثل بها الصورة ويدعى بأسلوب التحليل متعدد التفاصيل (Multiresolution Analysis)، فضلاً عن أن هذه الخاصية جعلته ملائماً للعديد من التطبيقات بما فيها معالجة صور الأقمار الصناعية وبياناتها في مجال التحسس النائي. تمت عملية التحويل المويجي على

الصورة الداخلة الى حد مستويين (Two-Levels)، وإعتماد موجة هار (Haar Wavelet) وطبقت على الصورة Lena القياسية. الشكل (2) يوضح هيكلية عمل تحويل الموجي المنقطع [13].



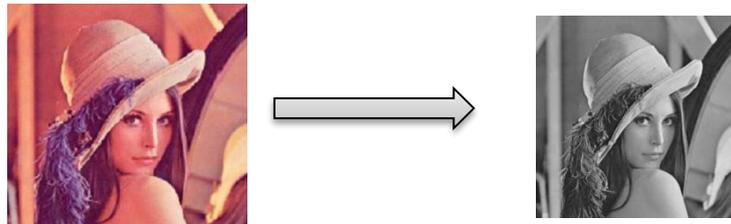
الشكل (2) هيكلية عمل تحويل الموجي المنقطع

التحويل الكنتوري يتعامل بكفاءة مع المتعرجات الناعمة Smooth Contours في الصور، وهي تحويلات ثنائية البعد تعرف بصيغتها المتقطعة وذلك لالتقاط معلومات الحافات من جميع الاتجاهات، حيث تقوم التحويلات الكنتورية أولاً بتفكيك الصورة بواسطة Laplacian Pyramid Filter (LPF) ليتم تحديد الحافات بجميع المستويات، وبعد ذلك يطبق مرشح اتجاهي Direction filter bank (DFB) وذلك لإكمال الفراغات بين النقاط بهيكلية خطية. التحويلات الكنتورية تمتلك نفس الميزات في التحويلات الموجي من ناحية (تعدد المقياس، خاصية الزمن ويعرض درجة عالية من الاتجاهية والتوزيع الاتجاهي، أي ان الاختلاف الرئيسي بين الكنتورليت وأنظمة متعددة المقياس أنه يسمح باختلاف ومرونة في عدد الاتجاهات في كل مقياس فضلا عن استعماله مجموعة المرشحات التكرارية (Iterated Filter Banks) الذي تجعله كفوءا على نحو حسابي [14].

يعد تحويل الكيرفليت امتدادا جديدا لتحويل الموجة والذي يهدف الى التعامل مع الظواهر المهمة التي تحدث على طول الحافات المتعرجة في الصور ثنائية الابعاد وينظر الية كتحويل هرمي متعدد المقياس، يمتلك تحويل الكيرفليت صفات الترددات الزمنية المكانية Time-Frequency Localization كصفات تحويل الموجة ولكنة يظهر بدرجة الصورة الرقمية، والحصول على تمثيل للحد الأقصى من المعلومات في الصورة [10].

#### • قراءة الصورة

تم ادخال صورة (lena) القياسية الملونة من نوع (jpg) وبحجم (512×512) وتحويلها الى مصفوفة رقمية. وتحويل الصورة الملونة إلى صورة رمادية (Gray Level)، كذلك تتم المعالجة الاولية التحضيرية للشروع في عمليات المعالجة الاخرى مثل التحجيم، حيث تتم معالجة الصورة بأبعاد (256×256) كما في الشكل (3).



الشكل (3) يعرض صورة Lena قبل وبعد المعالجة

• تحليل الصورة باستخدام التحويلات الثلاثة (الموجي والكنتوري والكيرفليت)

➤ التحويل الموجي:

تحليل الصورة بحجم (256×256) باستخدام تحويل الموجي تم اختيار تقنية DWT2 باستخدام الفلتر Haar، يكون تحليل اكثر كفاءة ودقة، فتنقسم الصورة الى اربع اجزاء (الجزء الاول هو مستوى الترددات الواطئة (LL) هو الجزء التقريبي Approximations الأكثر أهمية، ويعطي الصورة هويتها. اما الاجزاء الثلاثة الاخرى هم المستويات ذات الترددات العالية (HL,LH,HH) تعطي الصورة تفاصيلها الدقيقة Details فيتم تصغيرها. مثلاً في صورة (lena) إذا تم ازالة مكونات التردد العالي ستكون الصورة مختلفة ولكن واضحة المعالم، وإذا تم ازالة المستوى ذات التردد الواطئ تكون الصورة مشوهة وغير واضحة. الشكل (4) يوضح تحليل صورة باستخدام خوارزمية التحويل الموجي [15].

➤ التحويل الكنتوري:

تم تحليل الصورة باستخدام التحويلات الكنتورية وبالاعتماد على معاملات الكنتورليت ذات الترددات الواطئة اما الترددات ذات المستوى العالية يتم تصفير الخلايا، ومن خلال تطبيق مرشح (Laplacian Pyramid) على الصورة الأصلية حيث يتم تحديد الحافات بجميع المستويات وتطبيق المرشح الاتجاهي Direction filter bank (DFB) وذلك لإكمال الفراغات بين النقاط بهيكلية خطية على الصورة الـ (Bandpass) الناتجة من المرشح السابق. إذ يتم الاحتفاظ بالصورة الأصلية ومعاملاتها داخل ( Array Of Cells) إذ ان كل عنصر من عناصر هذه المصفوفة هو عبارة عن خلية تحتوي على واحدة او اكثر من المصفوفات ثنائية البعد، والتي تمثل كل واحدة منها احد معاملات التي تم الحصول عليها من الكنتورليت ومن الممكن استعراض معاملات الكنتورليت على شكل الصور. الشكل (5) يوضح تحليل صورة Lena باستخدام خوارزمية تحويل الكنتوري [14].

➤ التحويل الكيرفليت

عند تطبيق تحويل الكيرفليت المتقطع السريع باستخدام تقنية FDCT-WRAPPING للتغليف للتحليل متعدد المقياس يتم تقسيم الصورة الى سلسلة من الحزم غير مرتبطة والتي تتكون منها معاملات كيرفليت. في صورة Lena حجمها (256×256) يتم تقسيم الصورة الى ثلاث مستويات: خشن، تفصيلي، ناعم. حيث المعاملات ذات التردد الواطئ خصصت في المستوى الخشن وهو المستوى الاكثر عمقا. والمعاملات ذات الترددات العالية خصصت في المستوى الناعم والذي هو المستوى الخارجي، والمعاملات ذات الترددات المتوسطة خصصت في المستوى التفصيلي. معظم طاقة الصورة تكمن في الحزم الواطئة وباقي الطاقة ينشر عند الحزم الاخرى وينخفض من التردد الواطئ الى التردد العالي، حيث اعلى قيمة للمعاملات تتركز في المستوى الاول واقل قيمة تتركز في المستوى الاخير، عند زيادة رقم المقياس فان المعاملات سوف تحتوي على قيم صفرية اكثر، ومعاملات الكيرفليت تمتلك صفات اتجاهية قوية [10].

تحليل الصورة Lena بحجم (256×256) باستخدام تحويلات الكيرفليت وطبقت تقنية FDCT-WRAPPING وذلك لقدرته على معالجة التدرجات Curves التي تحتويها الصورة، إذ يتم الاحتفاظ بالصورة الأصلية ومعاملاتها داخل (Array Of Cells) إذ ان كل عنصر من عناصر هذه المصفوفة هو

عبارة عن خلية تحتوي على واحدة أو أكثر من المصفوفات ثنائية البعد، والتي تمثل كل واحدة منها أحد معاملات التي تم الحصول عليها من الكيرفيليت ومن الممكن استعراض معاملات الكيرفيليت على شكل الصور. الشكل (6) يوضح تحليل صورة Lena باستخدام خوارزمية تحويل الكيرفيليت.

• تصفير الصورة باستخدام تحويلات

➤ تصفير معاملات الصورة باستخدام تحويل المويجي

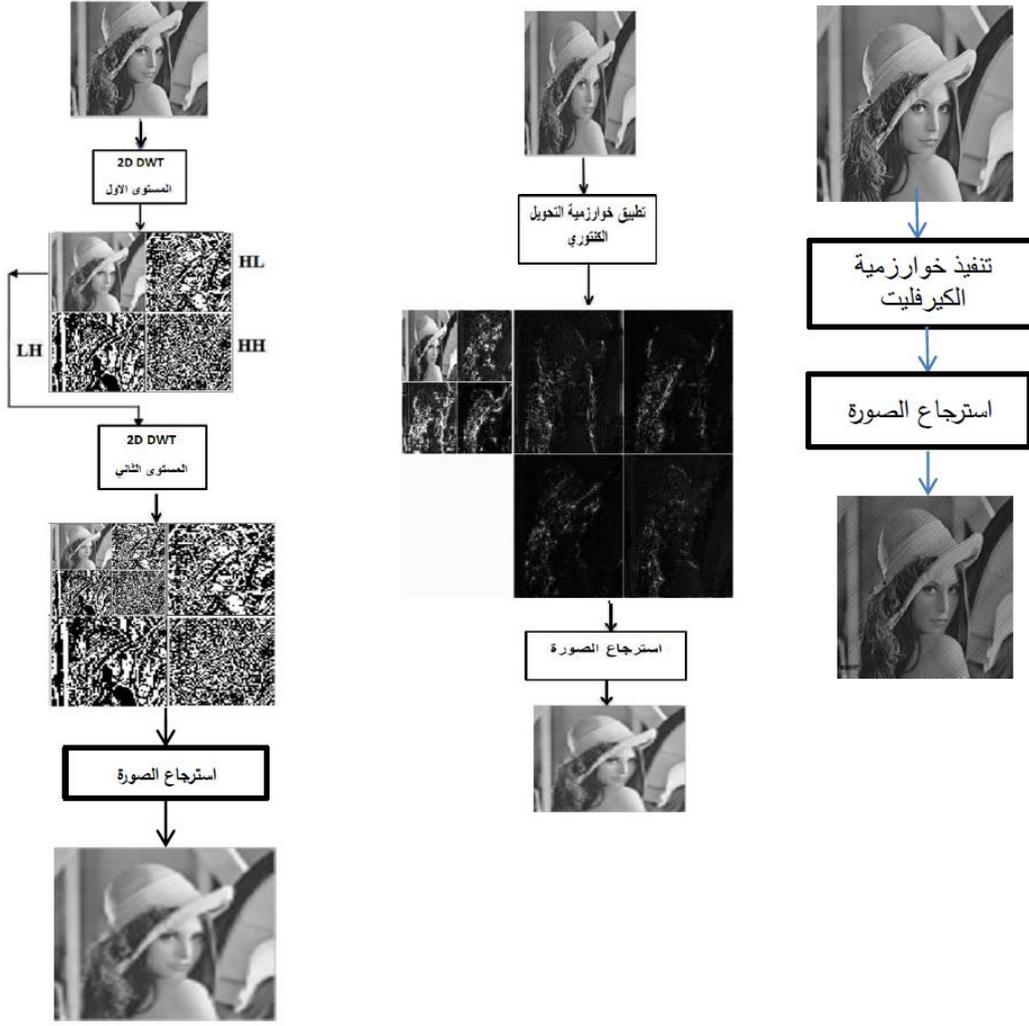
نأخذ جزء التقريبي Approximations للمستوى الاول والثاني (هي ترددات ذات المستويات الواطئة LL1) ويتم تصفير جزء Details للمستوى الاول والثاني (هي ترددات ذات المستويات العالية, LH1, HL1, HH1) وطبقت على صورة Lena .

➤ تصفير معاملات الصورة باستخدام تحويل الكنتوري

في هذه الخطوة يتم اخذ الخلايا ذات الترددات الواطئة، اما الخلايا ذات المستويات العالية يتم تصفيرها لان تحتوي على ضوضاء وتكون اقل اهمية، وهذا الكلام ينطبق على تصفير معاملات الصورة باستخدام تحويل الكيرفيليت.

• استرجاع الصورة للتحويلات (المويجي والكنتوري والكيرفيليت)

عملية استرجاع الصورة لجزء (Approximations) هي معاكسة لعملية كبسها حيث أن عملية الكبس تبدأ بعملية فقدانها للبيانات المتكونة منها الصورة الاصلية تدريجياً اما الصورة المسترجعة تبقى نوعاً ما واضحة المعالم، والغاية الاساسية من عملية الكبس الحصول على صورة واضحة المعالم وبأقل حجم ممكن وتقليل الزمن اللازم للتنفيذ بالإسراع من عملية نقل المعلومات. الاشكال التالية توضح عملية تحليل صورة Lena لخوارزميات تحويلات الثلاثة (المويجي والكنتوري وكيرفيليت)



الشكل (4) تحليل صورة Lena باستخدام تحويل المويجي

الشكل (5) تحليل صورة Lena باستخدام خوارزمية الكنتورليت.

الشكل (6) تحليل صورة Lena باستخدام خوارزمية كيرفليت

• قياس كفاءة اداء الخوارزميات

هنالك انواع كثيرة من المقاييس التي تستخدم مع عمليات الكبس لقياس نسبة الكبس ونسبة الضوضاء والى اخره من المقاييس وفي هذا البحث استخدمنا بعض انواع هذه المقاييس ومنها:

\* مقياس متوسط الخطأ التربيعي (MSE(mean square error))

إن قيمة متوسط الخطأ التربيعي تشير الى مقياس الخطأ بين قيم نقاط الصورة الأصلية(غير المكبوسة) وقيم نقاط الصورة الناتجة (بعد الكبس)، وكلما انخفضت قيمة متوسط الخطأ التربيعي حصلنا على نتائج افضل [16]. كما في المعادلة (1):

$$MSE = \frac{\sum_{m,n} [I_1(m,n) - I_2(m,n)]^2}{M*N} \dots\dots\dots(1)$$

**\* مقياس نسبة الإشارة الى الضوضاء (PSNR) Peak signal to noise ratio**

نسبة الإشارة الى الضوضاء العظمى كلما اقتربت القيمة من الصفر كلما كانت الضوضاء في الإشارة الاصلية اكبر، وكلما كانت القيمة كبيرة كلما كانت صورة اكثر وضوح، وبالتالي تعتمد نتائج المقارنة على كبر القيمة ال PSNR [16] كما في المعادلة (2):

$$PSNR = 10 \log_{10} (MAX_i^2 / MSE) . \dots\dots\dots(2)$$

**\* نسبة الإشارة الى الضوضاء (SNR) SNR (signal to noise ratio)**

هو مقياس يستخدم في العلوم والهندسة يقارن بين الإشارة والضوضاء [16]. كما في معادلة (3)

$$SNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} \right] . \dots\dots\dots(3)$$

**\* ترابط التريبيعي (NC) Normalization correlation**

يعتبر معامل الارتباط مقياسا لمدى تشابه بين المتغيرين المستقلين، يقيس هذا المعامل الفرق بين الصورة الاصلية والصورة الناتجة بعد عملية الكبس، كلما كانت القيمة قريبة من الصفر تكون الصورة المسترجعة اقل تطابق او ارتباط بالصورة الاصلية، وكلما كانت القيمة قريبة من الواحد تكون الصورة المسترجعة مطابقة للصورة الاصلية [16]. كما في المعادلة (4):

$$corr = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2)(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2)}} \dots\dots\dots(4)$$

**\* قياس نسبة الكبس (CR) Compression Ratio**

تتناسب نسبة الكبس علاقة عكسية مع جودة الصورة كلما كانت نسبة الكبس كبيرة كلما كانت جودة الصورة المسترجعة اقل [16].

$$\text{نسبة الكبس (CR)} = \frac{\text{الصورة الاصلية}}{\text{الصورة المكبوسة}}$$

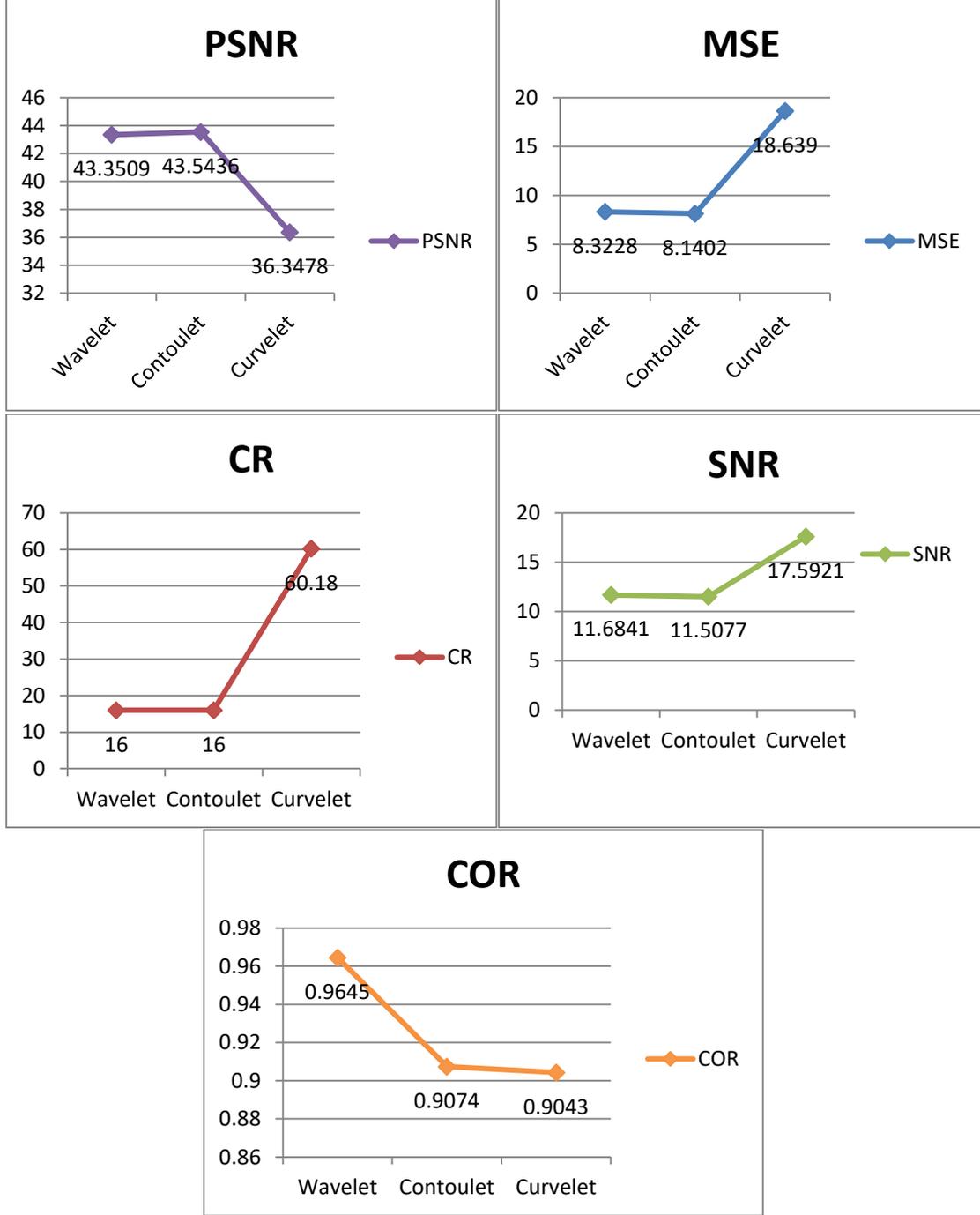
**7. النتائج والمناقشة:**

النتائج التالية بعد تنفيذ خوارزميات التحويلات الثلاثة (الموجي والكننتوري والكيرفليت) لكبس صورة Lena حصلنا على نتائج حيث تم تطبيق المقاييس الخمسة المستخدمة بالبحث التي هي (PSNR, SNR, MSE, COR and CR). وكما موضح في الجدول (1) يعرض لنا نتائج المقاييس التي نفذت على صورة Lena إذ استخدمت لتحديد جودة الصورة المسترجعة بعد الكبس باستخدام الخوارزميات (للتحويل الموجي والكننتوري والكيرفليت) ومن خلال هذه النسب تم التعرف على اكفاً خوارزمية لكبس الصورة الرقمية من بين الخوارزميات المستخدمة .

**جدول (1) يعرض المقاييس بعد كبس صورة Lena**

Transforms	MSE	PSNR	SNR	COR	CR
Wavelet	8.3228	43.3509	11.6841	0.9645	16
Contoulet	8.1402	43.5436	11.5077	0.9074	16
Curvelet	18.6390	36.3478	17.5921	0.9043	60.1800

الشكل (7) يوضح نسب المقاييس (PSNR, SNR, MSE, COR and CR) بعد استخدام الخوارزميات التحويلات (المويجي والكنتوري والكيرفليت) لتنفيذ عملية الكبس على الصورة الرقمية (Lena) تم تحديد افضل خوارزمية كفاءة في عملية الكبس هي خوارزمية التحويل كيرفليت عن غيرها من الخوارزميات استنادا على المقاييس (PSNR, SNR, MSE, COR and CR) التي تم حسابها بعد عملية كبس الصور الرقمية.



الشكل (7) يمثل نسب المقاييس (PSNR,SNR,MSE,COR,CR) التي استخدمت لكبس صورة Lena

مقارنة مع الطرق السابقة تم الحصول على نتائج افضل من الباحث سمؤل صالح في خوارزمية التحويل المويجي حيث كانت قيمة نسبة الكبس CR (1.1247) والباحث Mridul Kumar حقق نسبة كبس CR

(10.765)، بالنسبة لخوارزمية التحويل الكنتوري حقق الباحث Ahmed Nabil نسبة كبس CR (3.1)، واخيرا خوارزمية التحويل الكيرفليت حققت الباحثة Walaa M. Abd-Elhafiez نسبة كبس CR (13.884) والباحث Peter Michael GOEBEL حقق نسبة كبس CR (29.3)، اما بالنسبة للبحث المقدم حقق نسبة كبس CR في خوارزمية التحويل المويجي (16)، وخوارزمية التحويل الكنتوري (16)، وخوارزمية تحويل الكيرفليت (60.18).

## 8. الاستنتاجات

تم في هذا البحث تطبيق خوارزميات التحويلات (المويجي، الكنتوري، الكيرفليت) على الصورة القياسية ل Lena وقد تم التوصل الى الاستنتاجات التالية عند تنفيذ الخوارزميات للتحويلات الثلاثة وكما موضح في الجدول (1) والشكل (7) تظهر المقاييس وكالتالي:

1. مقياس PSNR نسبة الاشارة الى الضوضاء العظمى في خوارزمية التحويل كيرفليت اقل من خوارزميتي التحويل المويجي وبعدها الكنتوري.
2. مقياس MSE نسبة الخطأ التربيعي في خوارزمية التحويل الكنتوري اقل مما هو عليه في خوارزميتي التحويل المويجي وبعدها الكيرفليت.
3. مقياس SNR نسبة الاشارة الى الضوضاء في خوارزمية التحويل الكنتوري اقل من خوارزميتي التحويل المويجي وبعدها الكيرفليت.
4. مقياس COR قياس نسبة التطابق في خوارزمية التحويل الكنتوري أعطت اعلى نسبة تطابق بين الصورة الاصلية والصورة المسترجعة وبعدها خوارزميتي التحويل المويجي وبعدها الكيرفليت.
5. المقياس CR لقياس نسبة الكبس الصورة الاصلية على الصورة المكبوسة بعد تنفيذ الخوارزميات الثلاثة (للتحويل المويجي والكنتوري والكيرفليت) لكبس الصور الرقمية، حيث أن نتيجة المقياس باستخدام خوارزمية التحويل (الكيرفليت) هي افضل عن غيره لان نسبة الكبس اعلى من خوارزميتي التحويل الكنتوري والمويجي ولكن على حساب جودة الصورة.

## 9. الاعمال المستقبلية

إن افكار ونتائج تطبيق خوارزميات هذا البحث يمكن أن تتطور لتشمل العديد من الاعمال المستقبلية للبحث حيث يمكن الاستفادة من المبدأ المستخدم والنتائج التي تم الحصول عليها:

- 1- امكانية تطبيق هذه الخوارزميات في مجال كبس الفيديو وكبس الصوت لما له من أهمية كبيرة.
  - 2- دمج هذه الخوارزميات مع خوارزميات اخرى لكبس الصور بدون فقدان مثل (Huffman code) او (RLE)
  - 3- امكانية تطبيق هذه الخوارزميات على صور فضائية ملونة.
  - 4- تطبيق الخوارزميات على انواع اخرى من الفلاتر مثلا في التحويل المويجي يستعمل بدل ال (Haar) يستخدم (db)
  - 5- تطبيق خوارزميات التحسين على الصورة المكبوسة للحصول على صورة ذات جودة عالية.
- بعد استخدام الخوارزميات التحويلات (المويجي والكنتوري والكيرفليت) لتنفيذ عملية الكبس على صورة الرقمية (Lena) تم تحديد اكثر خوارزمية كفاءة في عملية الكبس هي خوارزمية التحويل كيرفليت عن غيرها من الخوارزميات استنادا على المقاييس (PSNR,SNR,MSE,COR,CR) التي تم حسابها بعد عملية كبس الصور الرقمية.

المصادر

- [1] Gonzalez, R.C., R.E. Woods, and S.L. Eddins, Digital image processing using MATLAB. 2004: Pearson Education India.
- [2] Gonzales, R.C. and R.E. Woods, Digital image processing. 2002, Prentice hall New Jersey.
- [3] Tan, C.L., Still image compression using wavelet transform. The University of Queeslands, 2001.
- [4] Minh, N., Directional multiresolution image representations. University of Canberra, 2002.
- [5] Belbachir, A.N. and P. Göbel, The contourlet transform for image compression. 2005: na.
- [6] Vasuki, A. and P. Vanathi, Progressive image compression using contourlet transform. International Journal of Recent Trends in Engineering, 2009. 2(5): p. 193.
- [7] Maske, N.D. and W.V. Patil, Comparison of image compression using wavelet for curvelet transform & transmission over wireless channel. International Journal of Scientific and Research Publications, 2012. 2(5): p. 1-5.
- [8] Abd-Elhafiez, W.M., Image compression algorithm using a fast curvelet transform. International Journal of Computer Science and Telecommunications, 2012. 3(4): p. 43.47.
- [9] Mathur, G., R. Mathur, and M.K. Mathur, A comparative study of various lossy image compression techniques. ETRASCT. 14: p. 165-169.
- [10] Inouri, L., et al., A fast and efficient approach for image compression using curvelet transform. Sensing and Imaging, 2018. 19(1): p. 26.
- [11] Hilles, S.M. Sofm And Vector Quantization For Image Compression By Component. in 2018 International Conference on Smart Computing and Electronic Enterprise (ICSCEE). 2018. IEEE.
- [12] Fisher, R.B., et al., Dictionary of computer vision and image processing. 2013: John Wiley & Sons.
- [13] Deepa, M., Wavelet and curvelet based thresholding techniques for image denoising. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics Engineering (IJARCSEE), 2012. 1(10): p. 10.
- [14] Do, M.N. and M. Vetterli, The contourlet transform: an efficient directional multiresolution image representation. IEEE Transactions on image processing, 2005. 14(12): p. 2091-2106.
- [15] Hasan, T.S., Image compression using discrete wavelet transform and discrete cosine transform. Journal of Applied Sciences Researches, 2017. 13: p. 1-8.
- [16] Thirumoorthi, C. and T. Karthikeyan, A study on discrete wavelet transform compression algorithm for medical images. 2017.

- [17] ساعي et al., (2018) ساعي, صالح, السموعل, & حاتم. (2018). تحسين نسبة كبس الصور المجسمة باستخدام التحويل الموجي المتقطع SGM . سلسلة العلوم . ISSN: 2079-3081, 39(3).
- [18] النعمة, ح. م. أ. (2019). طريقة مهجنة لكبس الفيديو الرقمي باستخدام تقنية التحويل الموجي وشجرة الصفر الموجية المظمورة. مجلة التربية والعلم, 28(1), 211-225.