

ضغط الصور المجسمة بتقدير الفرق بين الصورتين وإستخدام التحويل الانحنائي الرقمي ثنائي البعد

الدكتور فواز مفضي*

حسام حمزات**

(تاريخ الإيداع 23 / 11 / 2014. قُبِلَ للنشر في 26 / 2 / 2015)

□ ملخّص □

يعتبر ضغط الصور أحد أهم فروع معالجة الصورة الرقمية حيث يُعنى بتقليل حجم الصور الملتقطة لتوفير المساحة المخصصة لها على أقراص التخزين وتسهيل عملية نقلها وإرسالها. يُقدّم هذا البحث طريقة جديدة لضغط الصور المجسمة بالاعتماد على ثلاثة خوارزميات أولها المقارنة بين الصورتين المشكلتين للمنظر المجسم والاستفادة من خاصية التشابه الكبير بينهما وترميز الفرق بين الصورتين عوضاً عن ترميز الصورة بشكل كامل، وثانيها بتقليل الفائض بين عناصر الصورة (Pixels) باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي ثنائي البعد حيث نستفيد من قدرة هذا التحويل الكبيرة على تمثيل الانحناءات داخل الصورة بأقل عدد من المعاملات ليتم تكميته وإزالة المعاملات غير المرغوبة والحصول على عدد قليل من المعاملات الحاوية على أغلب تفاصيل الصورة، وأخيراً باستخدام ترميز هوفمان والاستفادة من خاصية عدم الفقد التي يتميز بها حيث يمكن ترميز الصورة وتقليل حجم بياناتها دون أن يحصل أي تشويه بالصورة أو فقدان أي جزء من هذه الصورة. كما يتم تقييم أداء خوارزمية البحث المقترح باستخدام معيار نسبة ضغط الصورة (Compression Ratio) أي نسبة عدد البتات الممثلة للصورة بعد الضغط إلى عدد البتات الممثلة للصورة الأصلية قبل الضغط، وكذلك معيار جودة الصورة (PSNR) أي مدى تشابه الصورة المستعادة مع الصورة الأصلية، ومعيار متوسط مربعات الأخطاء (MSE) أي مقدار الخطأ في الصورة المستعادة، حيث ينبغي الحصول على أقل قيمة لنسبة ضغط الصور مع أعلى قيمة لجودة الصورة بأقل قيمة للأخطاء.

الكلمات المفتاحية: ضغط الصور، الصور المجسمة، التحويل الانحنائي الرقمي، تقدير الفرق.

*مدرس - قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.
**طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الالكترونيات والاتصالات - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

Stereoscopic Image Compression using Disparity Estimation between Images and 2D Digital Curvelet Transformation

Dr. Fawaz Mufadhi*
Hussam Hamzat**

(Received 23 / 11 / 2014. Accepted 26 / 2 / 2015)

□ ABSTRACT □

Image compression is one of the most important branches of digital image processing. It reduces the size of the captured images and minimizes the storage space on the drivers to speed up the transferring and transmission.

In this paper we will present a new approach for compressing stereo images based on three algorithms; the first one is comparing the two images that perform the stereoscopic view by noticing the great similarities between them and encoding the difference between the two images instead of encoding the whole image. The second one is reducing the redundancy between the Pixels using a 2D Digital Curvelet Transformation so we can utilize the great ability to represent the curves in the image with minimum number of coefficients. Then quantize them and remove undesirable coefficient. The low number of coefficient contains most of image data. Last one is using Huffman Encoding and take advantage of the lossless property so we can encode image and reduce the size of data without getting any image distortion or lose any part of this image.

The performance of the proposed algorithm evaluated using Compression Ratio standard which is the number of the image bits after compression to the number of the original image bits before compression. Also, Peak Signal to Noise Ratio standard (PSNR) which represent the similarity between the restored image and the original image. In final, the Mean Square Error standard (MSE) which represent the error between the restored image and original image.

In conclusion, the main objective here is to get the lowest rate for image compression ratio with the highest value for the image quality PSNR at the lowest value of the errors MSE.

Keywords: Image Compression, Stereoscopic Images, Curvelet Transformation, Disparity Estimation

*Assistant Professor, Department of Electronic & Telecommunication Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

**Postgraduate Student, Department of Electronic & Telecommunication Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

مقدمة:

لقد زاد الاهتمام بمعالجة الصور الرقمية في السنوات الأخيرة وخصوصاً الصور الرقمية المجسمة وثلاثية الأبعاد وذلك لاتساع مجالات استخدام هذه الصور (تمييز الأنماط، الكشف الشعاعي، التشفير، تشخيص الأمراض، المراقبة عن بعد... إلخ). وساهم في ذلك انتشار الأجهزة المعتمدة على تقنية ثلاثية الأبعاد كالتلفزيون الرقمي ثلاثي الأبعاد والكاميرا الرقمية ثلاثية الأبعاد.

أهمية البحث وأهدافه:**مشكلة البحث وأهميته:****المشكلة:**

تميزت الصور الرقمية في الآونة الأخيرة باستخدام تقنيات معاصرة كتقنية الدقة العالية (High Definition (HD)) وتقنية ثلاثية الأبعاد (Three Dimensions (3D)) وهو ما ساهم في زيادة حجم هذه الصور وجعل من الضروري الحصول على تقنيات جديدة لضغط الصور تغطي هذه الزيادة بالحجم وتحافظ على جودة الصور ومزاياها.

أهمية البحث:

تعتبر عملية ضغط الصور الرقمية من أهم عمليات المعالجة التي تجرى على الصور حيث تقوم بتقليل الحجم ليتوافق مع عرض حزمة الإرسال وتقليل المساحة اللازمة على أجهزة التخزين، ففي حال عدم وجود الضغط سوف نضطر لحجز مساحات كبيرة جداً لحفظ بيانات معينة وكذلك سنحتاج لوقت كبير جداً لإرسال هذه البيانات واستحالة عرضها بشكل حي ومباشر ومثالاً على ذلك:

لا يمكن عرض فيديو من قرص غير مضغوط بالوقت الحقيقي حيث تكون سرعة القراءة من القرص الليزري (CD-ROM) بحدود (150 كيلوبايت بالثانية)، أما في حال فيديو ملون (240*320*3*24 إطار بالثانية) يكون معدل النقل بحدود (5.5 ميغابايت بالثانية) بالتالي نحن بحاجة لـ (37) ثانية لقراءة ثانية واحدة من الفيديو غير المضغوط من القرص الليزري.

ومما سبق نلاحظ أهمية عملية الضغط وضرورة الحصول على طرق ضغط جديدة تقدم معدلات ضغط جيدة وتواكب التطورات السريعة المتلاحقة في مجال الصورة عالية الجودة والصورة ثلاثية الأبعاد.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث بشكل عام إلى إيجاد طريقة جديدة للقيام بعملية ضغط للصور المجسمة الملونة باستخدام أكثر من مرحلة حيث تقدم كل مرحلة نسبة ضغط مختلفة مع الحفاظ على جودة الصورة ما أمكن.

الدراسات السابقة:

باستعراض سريع لأهم الدراسات السابقة التي استخدمت الطرائق المختلفة في عمليات ضغط الصور نجد تميز هذه الطرائق بالتنوع الكبير والتطور والتحديث السريع، حيث يوجد كم هائل من الدراسات المتعلقة بهذا الموضوع لذا سنركز في الدراسات السابقة على آخر عشر سنوات.

- ففي عام 2005 قام البروفيسوران اليونانيان ايليناس وسانغريوتيس من جامعة أثينا بنشر بحث لهما عن تعويض الفرق بين الصورتين المشكلتين للمنظر المجسم وباستخدام نموذج MRF (Stereo Image Coder) (Based on the MRF Model for Disparity Compensation)[4].

- ليتبعهما عام 2011 الباحث اغراوال (Agarwal) من جامعة سيمون فراسير (Simon Fraser) في كندا بتطبيق طريقة جديدة لضغط الصور المجسمة بالاعتماد على فكرة ايجاد الفرق بين الصورتين المشكلتين للمنظر المجسم التي طرحها البروفيسوران أعلاه، ولكن باستخدام خوارزمية حجب التتابع (Exhaustive Block Matching) (Algorithm (EBMA)). ونشر البحث في المجلة الدولية للعلوم المتقدمة والتكنولوجيا (International Journal of) (Advanced Science and Technology)[1].

- ويقوم في عام 2012 عزيز، ت. (Aziz, T.) ودوللي، د. (Dolly, D.) من جامعة كارونيا (Karunya University) في الهند بإدخال تحويل الموجات المتقطع في مجال ضغط الصور وذلك بمقالة علمية نشرها في المجلة الدولية لتكنولوجيا الهندسة والهندسة المتقدمة (International Journal of Emerging Technology and) (Advanced Engineering Motion Estimation and Motion Compensated Video Compression) بعنوان ضغط الفيديو بتقدير وتعويض الحركة باستخدام تحويلي جيب التمام المتقطع وتحويل الموجات المتقطع (Using DCT And DWT) قاما من خلالها بشرح طريقتها في تقدير الحركة بين الإطارات المتتالية والاعتماد عليها في ضغط الفيديو وكذلك باستخدام تحويلي جيب التمام والموجات وقارنا بينهما حيث وجدنا أن تحويل الموجات أكثر فعالية من تحويل جيب التمام[2].

- في نفس العام قام الباحثان زاده، ب. (Zadeh, B.) وسيردين، ف. (Serdean, V.) من كلية التكنولوجيا جامعة دي مونتفورت في مدينة ليستر - المملكة المتحدة (De Montfort University) بشرح بحث لهما في المؤتمر الدولي السابع للاتصالات الرقمية عن تقدير الحركة في مقاطع الفيديو باستخدام تحويل الموجات المتعدد (Stereo Video Disparity Estimation Using Multi-wavelets)[20].

- وكذلك في عام 2012 قام كل من ريدي (Reddy) وجيشاندرابراساد (Jayachandraprasad) وجيريبراساد (Giriprasad) ولاتا (Latha) وسافيثري (Savithri) من الهند بإدخال التحويل الانحنائي في ضغط الصورة ثنائية البعد وبالاعتماد على مكم خاص أكثر ملائمة لخصائص الضغط يقدم خصائص محسنة في نسبة ضغط الصورة وجودة الصورة وذلك في بحث نُشرَ بالمجلة العالمية لعلوم الكمبيوتر والتكنولوجيا في الولايات المتحدة بعنوان ضغط الصورة باستخدام مكم جديد لتحويل الانحنائي (Curvelets with New Quantizer for Image) (Compression)[5].

استكمالاً لما سبق من الدراسات سنقوم باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي في عملية ضغط الصور المجسمة حيث كانت حادثة هذا التحويل والتطور السريع في تقنيات التجسيم محفزاً لنا لبحث هذه الطريقة وبيان أثرها في ضغط الصور المجسمة.

طرائق البحث ومواده:**توصيف الحلول المقترحة:**

لقد تم الاعتماد في التغلب على مشكلة زيادة حجم الصور المجسمة واتساع عرض مجال الإرسال لها على الدمج بين عدة خوارزميات للضغط للاستفادة من مزايا كل واحدة والحصول على نظام متكامل لضغط الصور يقدم نسبة ضغط منخفضة وجودة صورة عالية.

• في المرحلة الأولى قمنا بالاستفادة من التشابه الكبير بين الصورتين المشكلتين للمنظر المجسم وقمنا بالاعتماد على إحدى الصورتين كصورة مرجعية وإيجاد الفرق بينها وبين الصورة الثانية ويكون خرج هذه المرحلة هو الصورة المرجعية ومقدار الفرق أي الاختلاف بين الصورتين بدلاً من الصورتين المشكلتين للمنظر المجسم ويتميز هذا الخرج بعدد بيانات منخفض ممثل له، وبالتالي نحصل على ضغط جيد في هذه المرحلة.

• وفي المرحلة الثانية تم الاستفادة من مزايا التحويل الانحنائي في تمثيل الانحناءات داخل الصورة حيث يتميز هذا التحويل بقدرة هائلة على تمثيل الانحناءات بأقل قدر من المعاملات، كما تتكون أغلب الصور من عدد كبير من الانحناءات، ثم القيام بنقل هذه الصورة من المجال الحيزي إلى المجال الترددي وتعريب معاملات التحويل الانحنائي وإزالة المعاملات غير المفيدة وعزل المعاملات المفيدة الممثلة للصورة وأخيراً تكميتها وبهذا يتم الحصول على عدد بيانات أقل ممثل للصورة المرجعية أي الحصول على معدل ضغط إضافي.

• وفي المرحلة الثالثة تم ترميز خرج المرحلة السابقة مع مصفوفة الفرق بين الصورتين باستخدام ترميز هوفمان وهو ترميز عديم الفقد أي يقوم بضغط البيانات ويحافظ عليها كما هي بدون ضياع. ويتكامل هذه المراحل الثلاث نحصل على طريقة جديدة لضغط الصور المجسمة مع الحفاظ على جودة الصورة.

الأدوات والتجهيزات:

تم تنفيذ واختبار الطريقة المقترحة باستخدام برنامج المصفوفات الشهير ماتلاب (MATLAB R2013a) المنفذ من قبل شركة (MathWorks) وباستخدام حاسب محمول نموذج (Aspire 2920) من شركة (Acer) بالمواصفات الفنية التالية:

المعالج: Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T5550 @

1.83Ghz 1.83Ghz

RAM: 1.50 GB الذاكرة العشوائية:

Operating System: Windows 7 Ultimate 32-bit نظام التشغيل:

اختيار العينات المدروسة:

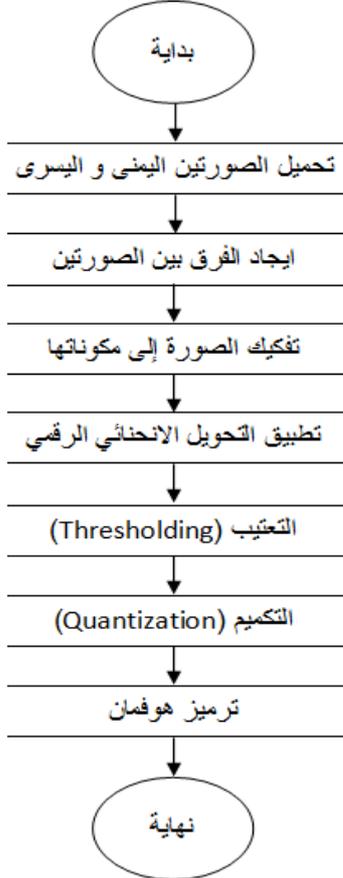
تم انتقاء العينات المدروسة بشكل عشوائي من الانترنت وهي عبارة عن صور مجسمة مكونة من صورتين يمينية التقطت بالعدسة اليمينية للكاميرا ويسارية التقطت بالعدسة اليسارية للكاميرا تشكلان بدمجهما لاحقاً الصورة المجسمة.

الدراسة التجريبية:

آلية العمل:

خوارزمية العمل والمخطط التدفقي:

سنقوم بتطبيق الخطوات التالية في عملية ضغط الصور المجسمة باستخدام تقدير الفرق بين الصورتين والتحويل الانحنائي الرقمي:



1- نقوم بتحميل الصورتين اليمنى واليسرى

وقراءتهما بشكل $f_L(x, y), f_R(x, y)$.

2- نقوم بإيجاد تابع الفرق بين الصورتين ونمثله

بشعاع حركة $f_{MVx}(x, y), f_{Mvy}(x, y)$.

3- نقوم بتفكيك الصورة اليسارية إلى مكوناتها

اللونية الرئيسية $f_{LR}(x, y), f_{LG}(x, y), f_{LB}(x, y)$.

4- نطبق التحويل الانحنائي الرقمي ثنائي البعد

على $f_{LR}(x, y)$ لإيجاد المعاملات $C^{DR}(j, l, k)$

$$C^{DR}(j, l, k) = \sum f_{LR}(x, y) \Psi_{j,l,k}(x, y)$$

حيث $\Psi_{j,l,k}(x, y)$ التابع الأم للتحويل الانحنائي الرقمي

و $f_{LR}(x, y)$ تابع تمثيل الصورة اليسارية بالمركبة الحمراء حيث

سيتم حساب المعاملات بطريقة تحويل الانحنائي السريع باستخدام اللف (Warping).

5- نقوم بتعتيب المعاملات وفق المعادلة:

$$v(j) = multiplier * \left(\frac{1}{row}\right) \sum_{i=1}^{row} |C(i, j)|$$

الشكل (1) المخطط التدفقي للنظام المقترح

حيث أن $(multiplier)$ ثابت تجريبي يتم الحصول على قيمته المثلى بالتجريب و $(C(i, j))$ هي

مصفوفة معاملات التحويل الانحنائي الرقمي عند مقياس معين (j) وزاوية محددة (l) ، و (row) عدد الأسطر

في هذه المصفوفة ويعبر مستوى الـ $(v(j))$ عن مستوي العتبة لكل عمود من المصفوفة

6- نكمم المعاملات باستخدام مكمم نظامي بمستوي 5 بتات.

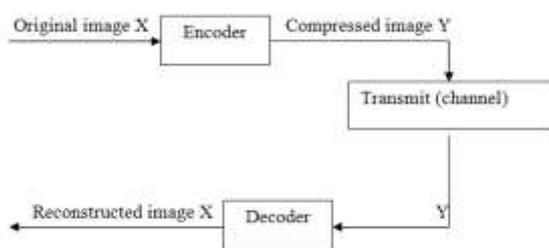
7- نكرر الخطوات من (4) لـ (6) لكل من $f_{LG}(x, y), f_{LB}(x, y)$.

8- نقوم بترميز خرج المكمم وشعاع الحركة $f_{MVx}(x, y), f_{Mvy}(x, y)$ باستخدام مرمز هوفمان.

المخططات الصندوقية:

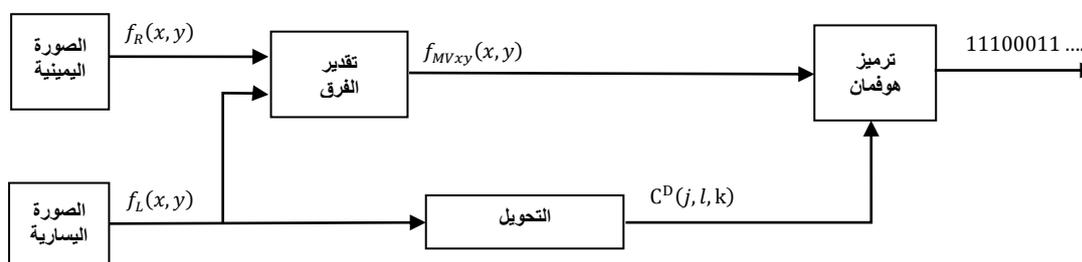
يتكون المخطط الصندوقي العام للضغط من مرمز (Encoder) يقوم بعملية تحويل الصورة إلى سلسلة من

البتات و قناة اتصال (Transmitter) ومفكك ترميز يقوم بتشكيل الصورة باستخدام سلسلة البتات.



الشكل (2) المخطط الصندوقي العام لنظام ضغط الصور [3]

في تفاصيل مرحلة الترميز وتحويل الصورة إلى سلسلة بتات سنقوم بضغط الصورة بالطريقة المقترحة والتي يمكن تمثيلها وظيفياً بالشكل (3):



الشكل (3) المخطط الوظيفي لنظام ضغط الصور المقترح

حيث تمثل:

تابع تمثيل الصورة اليمينية ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N \times 3]$. $f_R(x, y)$

تابع تمثيل الصورة اليسارية ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N \times 3]$. $f_L(x, y)$

تابع تمثيل شعاع الحركة بين الصورتين ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M' \times N' \times 2]$ وهي تنتج عن دمج $f_{MVx}(x, y)$

مصفوفتين هما مصفوفة شعاع حركة البلوكات على المحور الأفقي ويعطى بالعلاقة

بالعلاقة: $f_{MVx}(x, y) = y_1 - y_2$ ومصفوفة شعاع حركة البلوكات على المحور العمودي ويعطى

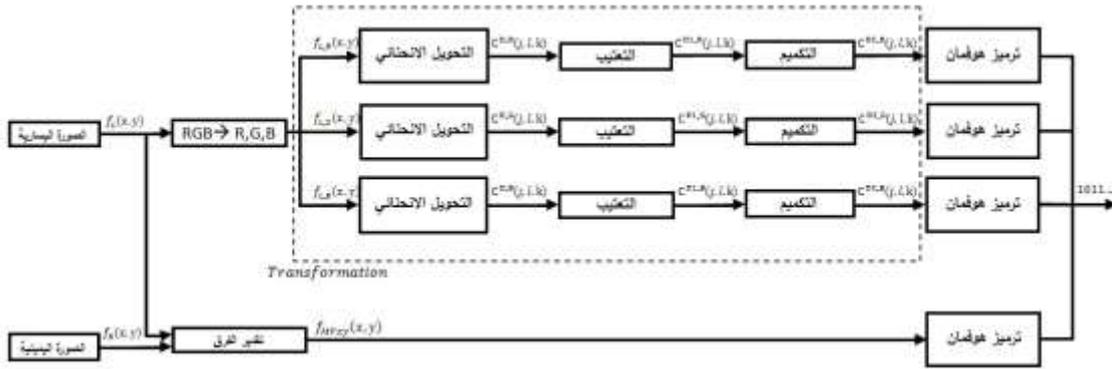
بالعلاقة: $f_{MVy}(x, y) = x_1 - x_2$ هي إحداثيات البلوك الأول الموجود بالصورة

المرجعية و (x_2, y_2) هي إحداثيات البلوك الموجود بالصورة الثانية المطابق للبلوك الأول.

تابع تمثيل معاملات التحويل الانحنائي الرقمي ويعطى بالعلاقة: $C^D(j, l, k)$

$$\sum f_{LR}(x, y) \Psi_{j,l,k}(x, y)$$

وبشكل تفصيلي أكبر يمكن توضيح الطريقة المقترحة للضغط بالمخطط الصندوقي المبين بالشكل (4).



الشكل (4) المخطط التفصيلي لنظام ضغط الصور المقترح

حيث تمثل:

- تابع تمثيل الصورة الملونة اليمينية ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N \times 3]$. $f_R(x, y)$
- تابع تمثيل الصورة الملونة اليسارية ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N \times 3]$. $f_L(x, y)$
- تابع تمثيل الصورة اليسارية بالمركبة الحمراء ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N]$. $f_{L_R}(x, y)$
- تابع تمثيل الصورة اليسارية بالمركبة الخضراء ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N]$. $f_{L_G}(x, y)$
- تابع تمثيل الصورة اليسارية بالمركبة الزرقاء ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M \times N]$. $f_{L_B}(x, y)$
- تابع تمثيل شعاع الحركة بين الصورتين ويمثل بمصفوفة أبعادها $[M' \times N' \times 2]$. $f_{MVxy}(x, y)$
- تابع تمثيل معاملات التحويل الانحنائي الرقمي. $C^{D-R}(j, l, k)$
- تابع تمثيل معاملات التحويل الانحنائي الرقمي بعد التعتيب. $C^{D1-R}(j, l, k)$
- تابع تمثيل معاملات التحويل الانحنائي الرقمي بعد التكميم. $C^{D2-R}(j, l, k)$

معايير تقييم أداء الطريقة المقترحة:

يتم تقييم أداء الخوارزمية المقترحة باستخدام المعايير التالية:

معيار نسبة الضغط (Compression Ratio):

هي نسبة حجم الصورة بعد الضغط إلى حجم الصورة الأصلية قبل الضغط ويتم حسابه من القانون التالي:

$$Compression\ ratio = \frac{Output\ file\ size\ (bytes)}{Input\ file\ size\ (bytes)}$$

وكلما كانت قيمة نسبة الضغط (Compression ratio) منخفضة كلما كان الضغط أفضل وتوجد طريقة

ثانية لحساب نسبة الضغط بالاعتماد على البت خلال كل بيكسل (Bit Per Pixel) والتي تعطى بالقانون التالي:

$$Rate\ (bpp) = \frac{8 * (Output\ file\ size\ (bytes))}{Input\ file\ size\ (pixels)}$$

حيث قمنا بالضرب بـ (8) للتحويل من بايت إلى بت.

معيار خطأ الصورة (MSE):

نقوم بإيجاد معدل مربعات الأخطاء بين الصورة قبل الضغط والصورة بعد الضغط وبالتالي نحصل على معدل

خطأ أصغر عند التشابه الأعلى بين الصورتين ويعطى بالعلاقة التالية:

$$mse = \frac{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} [f(i,j) - \hat{f}(i,j)]^2}{M_1 \times M_2}$$

حيث $M_1 \times M_2$ حجم الصورة و $f(i,j)$ الصورة الأصلية و $\hat{f}(i,j)$ الصورة بعد الضغط.

معيار نسبة الإشارة إلى الضجيج (PSNR):

وهو معيار يحدد مقدار جودة الصورة من خلال المقارنة بين الصورة قبل الضغط والصورة المسترجعة بعد الضغط ويعتبر هذا المعيار الأكثر استخداماً ويعطى بالعلاقة:

$$psnr = 10 \log_{10} \frac{M_1 \times M_2 \times \max(f(i,j))^2}{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} [f(i,j) - \hat{f}(i,j)]^2} dB$$

حيث $M_1 \times M_2$ حجم الصورة و $f(i,j)$ الصورة الأصلية و $\hat{f}(i,j)$ الصورة بعد الضغط.

معايير أخرى:

هنالك معايير موضوعية شخصية تعتمد على وسائل بسيطة لتقييم الصورة المسترجعة وتعتمد على النظام البصري لدى الإنسان حيث تعرض على مجموعة من الأشخاص ويؤخذ رأيهم في جودة الصورة المسترجعة ومقدار تشابهها مع الأصل.

عرض النتائج والتحليل والتقييم:

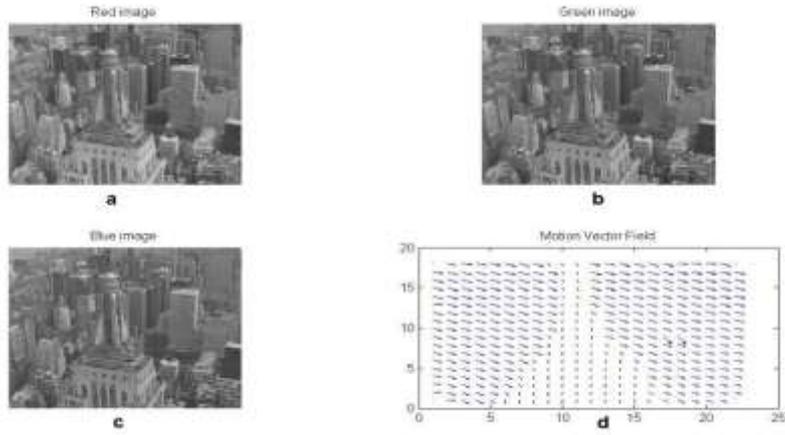
باستخدام الصورة المجسمة في الشكل (5) والتي تُظهر منظر جوي لمدينة وأبعادها ($352 \times 288 \text{ pixels}$)، سنقوم بتطبيق الطريقة المقترحة بمراحلها الثلاث حيث سنقوم بحساب نسبة الضغط وجودة الصورة لكل مرحلة على حدى لبيان أثر كل مرحلة ومقدار الاستفادة من هذه المرحلة أي سنقوم بكل مرحلة بضغط الصورة باستخدام الخوارزمية ثم حساب حجم البيانات المستخلصة، ثم نقوم باستعادة الصورة من هذه البيانات باستخدام كود برمجي مصمم لهذا الغرض ونقارنها مع الصورة الأصل لمعرفة مقدار جودة الصورة.



الشكل (5): الصورة اليسارية واليمينية للمنظر المجسم

ضغط الصورة باستخدام تقدير الفرق:

يتم أولاً معالجة أولية للصورة بتحميل الصورتين اليمنى واليسرى الشكل (5) واختيار صورة مرجعية (اليسارية مثلاً) ثم تفكيكها إلى ثلاثة صور وهي الصورة اليسارية باللون الأحمر والصورة اليسارية باللون الأخضر والصورة اليسارية باللون الأزرق ثم يتم تقدير الفرق بين الصورتين اليمنى واليسرى وتشكيل مصفوفة شعاع الحركة حيث لا يتعلق الفرق بين الصورتين باللون الشكل (6).



الشكل (6) a: الصورة اليسارية بالمركبة الحمراء b: الصورة اليسارية بالمركبة الخضراء c: الصورة اليسارية بالمركبة الزرقاء d: شعاع الحركة بين الصورة اليمينية والصورة اليسارية

يتعلق حجم شعاع الحركة بحجم البلوك الذي نتعامل معه وبتحليل حجم البلوك (جزء من الصورة) يقل العدد الكلي للبلوكات في الصورة وبالتالي ينخفض عدد العمليات الحسابية ويتعلق كذلك بمجال البحث وبما أن الصورتين اليمينية واليسرى للمنظر المجسم لا تختلف كثيراً عن بعضهما لذا لسنا بحاجة لتكبير مجال البحث.

عند استخدام حجم بلوك (16 X 16 pixel) ومنطقة بحث (2 block) يكون:

$$\bullet \text{ حجم الصورتين قبل الضغط: } 2 \times \frac{352 \times 288 \times 3 \times 8}{8 \times 1024} = 594 \text{ KB}$$

حيث تعبر (2) عن عدد الصور المشكلة للمنظر المجسم و(352 X 288) عن أبعاد الصورة بالبيكسيل و(3)

للدلالة على الألوان و(8) البتات الممثلة لكل بيكسيل والقسمة على (8 X 1024) للتحويل من بت إلى كيلوبايت.

$$\bullet \text{ حجم الصور بعد الضغط: } \frac{18 \times 22 \times 2 \times 8}{8 \times 1024} + \frac{352 \times 288 \times 3 \times 8}{8 \times 1024} = 297.8701 \text{ KB}$$

حيث تعبر (2 X 22 X 18) عن أبعاد مصفوفة شعاع الحركة و (352 X 288) عن أبعاد الصورة

بالبيكسيل و(3) للدلالة على الألوان و(8) البتات الممثلة لكل بيكسيل والقسمة على (8 X 1024) للتحويل من بت إلى كيلوبايت.

$$\bullet \text{ أي أن نسبة الضغط في هذه المرحلة هو: } CR = \frac{297.8701}{594} \times 100 = 50.15\%$$

• ويكون معدل الخطأ في استعادة الصورة من الصورة المرجعية والفرق بين الصورتين: $MSE = 9.8661 \times 10^{-4}$

$$\bullet \text{ ومعدل جودة الصورة المستعادة: } PSNR = 29.8096 \text{ dB}$$

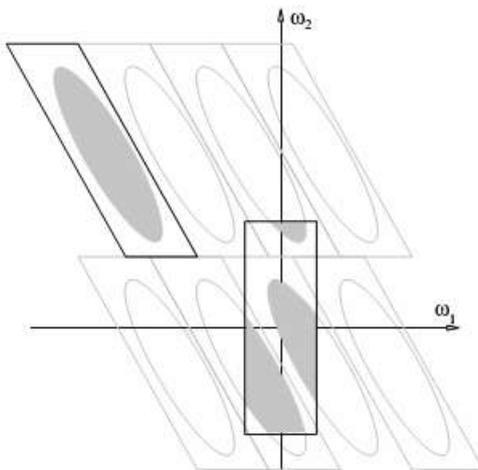
نلاحظ أن نسبة الضغط منخفضة جداً حيث اختزل الحجم إلى النصف تقريباً كما أن الخطأ في الصورة المسترجعة صغير جداً ولا يمكن ملاحظته بالعين المجردة وبالتالي معدل جودة الصورة كبير، كما يظهر في الشكل (7) حيث يصعب تمييز الفرق بين الصورتين مع أن إحداهما تملك معلومات أقل بالنصف.



الشكل (7): أثر عملية تقدير الفرق بين الصورتين

ضغط الصورة باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي وتكميم المعاملات:

في هذه المرحلة يتم تحويل الصور إلى معاملات التحويل الانحنائي الرقمي (Curvelet) حيث يتميز هذا التحويل بقدرة عالية على تمثيل الانحناءات أي يقوم بتمثيل الانحناءات بعدد معاملات قليل نسبياً ويمكن تطبيق التحويل الانحنائي الرقمي السريع باستخدام اللف (Warping) كمايلي:



1- نقوم بتطبيق تحويل فورييه السريع (FFT) على تابع الصورة $f[x,y]$ للحصول على عينات فورييه $\hat{g}[n_1, n_2]$

2- عند كل مقياس (j) وزاوية (l) نوجد الجداء $\tilde{U}_{j,l}[n_1, n_2] \hat{g}[n_1, n_2]$ حيث $\tilde{U}_{j,l}[n_1, n_2]$ هي نافذة التوضع المنقطع كما يظهر في الشكل (8).

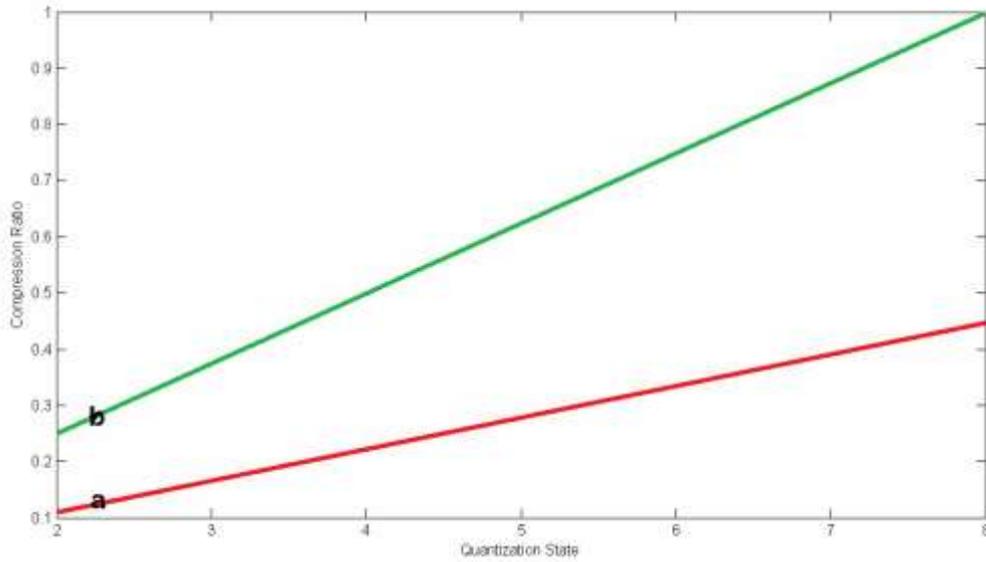
الشكل (8): التحويل الانحنائي الرقمي السريع باستخدام اللف (Warping)

3- نقوم بلف هذا الجداء حول الاصل للحصول على $\check{g}_{j,l}[n_1, n_2]$ حيث أصبح مجال n_1, n_2 كالتالي $0 \leq n_1 < L_{1,j}; 0 \leq n_2 < L_{2,j}$ و $L_{1,j} = 2^j$ و $L_{2,j} = 2^{j/2}$.

4- نطبق تحويل فورييه العكسي السريع على كل $\check{g}_{j,l}$ وبالتالي نوجد معاملات التحويل الانحنائي.

ثم نقوم بتعتيب المعاملات لإزالة المعاملات غير المرغوبة وغير المفيدة وفق المعادلة: $v(j) = multiplier * \left(\frac{1}{row}\right) \sum_{i=1}^{row} |C(i, j)|$

حيث أن (*multiplier*) ثابت تجريبي يتم الحصول على قيمته المثلى بالتجريب، و($C(i, j)$) هي مصفوفة معاملات التحويل الانحنائي الرقمي عند مقياس معين (j) وزاوية محددة (l) أي ($C(i, j) = C\{j\}\{l\}(k_1, k_2)$) و(*row*) عدد الأسطر في هذه المصفوفة ويعبر مستوى الـ ($v(j)$) عن مستوي العتبة لكل عمود من المصفوفة. ونقوم بتكميم معاملات هذا التحويل عند هذا المستوى حيث نلاحظ أنه عند استخدام تحويل الانحنائي الرقمي مع المكمم نحصل على نسبة ضغط أقل بكثير من استخدام المكمم لوحده ودون تأثير كبير على جودة الصورة. لمعرفة مستوي التكميم المناسب نقوم بإجراء الخوارزمية عند مستويات تكميم مختلفة ونقوم بحساب نسبة الضغط ومعدل الخطأ ومعدل جودة الصورة ونمثل النتائج في منحنيات بيانية لمعرفة انساب مستوي تكميم. نقوم بحساب نسبة ضغط الصورة عند مستويات التكميم المختلفة عند استخدام التحويل الانحنائي وبدون استخدامه ونمثل النتائج بالشكل (9) ومنه نجد أن استخدام التحويل يعطينا نسبة ضغط أقل بكثير من استخدام المكمم لوحده مهما كان مستوي التكميم ولكن بازدياد مستوي التكميم باستخدام التحويل تتخفف نسبة الضغط بشكل أكبر من عدم استخدامه.



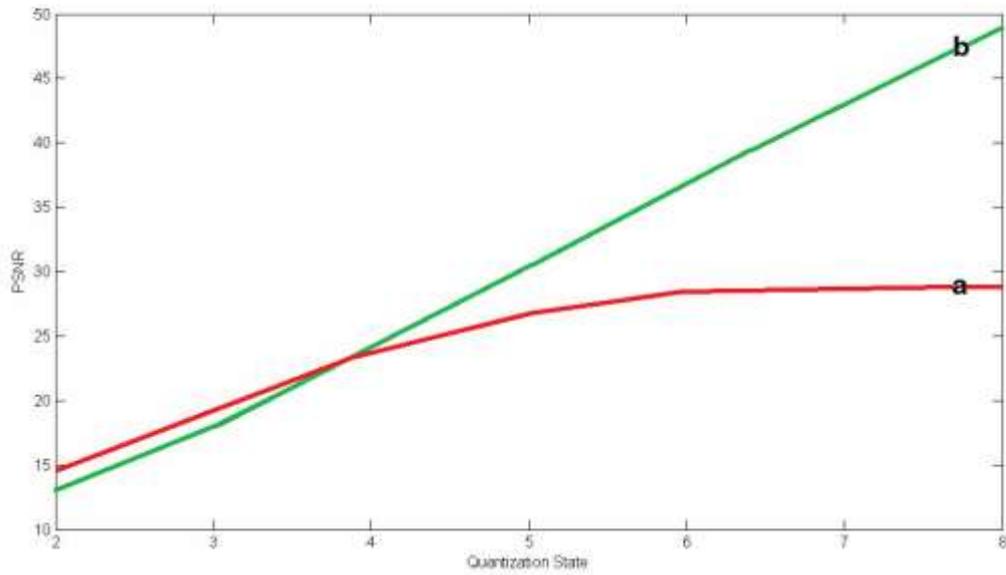
a: نسبة ضغط الصورة عند مستويات تكميم مختلفة b: نسبة ضغط الصورة عند مستويات تكميم مختلفة بدون

استخدام التحويل الانحنائي الرقمي

باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي

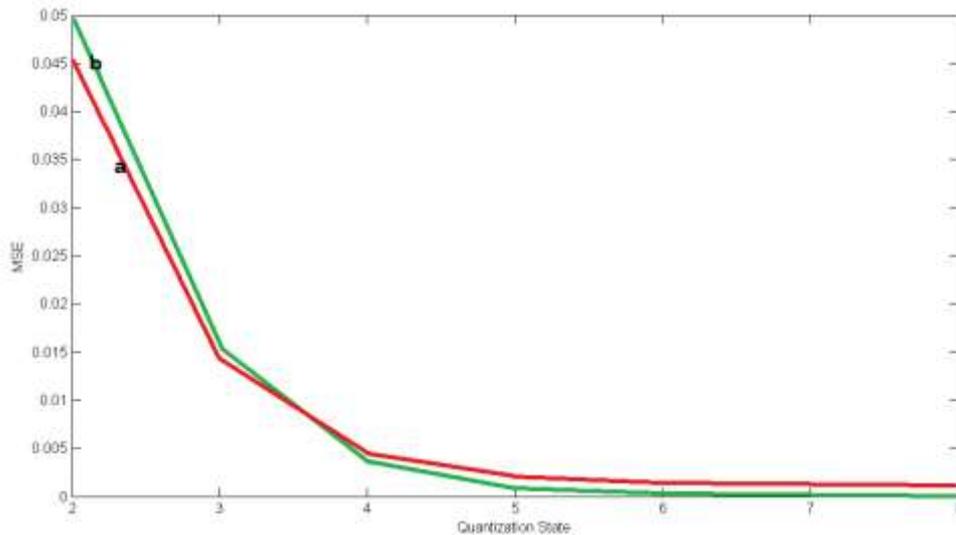
الشكل (9): أثر استخدام التحويل الانحنائي الرقمي على نسبة ضغط الصورة

ولكن هل يؤثر هذا التحويل على جودة الصورة؟. لمعرفة ذلك نقوم بتكميم المعاملات بمستويات تكميم مختلفة عند استخدام التحويل الانحنائي وبدون استخدامه ونمثل النتائج بالشكل (10) للتعرف على اثر التحويل الانحنائي الرقمي ومعرفة مستوي التكميم المناسب ومنه نلاحظ أنه باستخدام التحويل يكون معدل PSNR أعلى من حالة استخدام المكمم لوحده ثم يصبح معدل PSNR للمكمم لوحده أعلى من التحويل الانحنائي بقليل ثم يزداد الفرق بعد مستوي الـ (4) بت.



a: معدل PSNR عند مستويات تكميم مختلفة باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي
 b: معدل PSNR عند مستويات تكميم مختلفة بدون استخدام التحويل الانحنائي الرقمي
 الشكل (10): أثر استخدام التحويل الانحنائي الرقمي على معدل PSNR

وكذلك نقوم بإيجاد نسبة الخطأ MSE بين الصورة الأصلية والصورة المكتملة عند مستويات تكميم مختلفة باستخدام التحويل الانحنائي وبدون استخدامه ونمثل النتائج بالشكل (11) حيث نلاحظ أن معدل الخطأ يكون أصغر مع استخدام التحويل الانحنائي ثم يصبح الخطأ أكبر بقليل ثم يزداد الفرق بعد مستوي (4) بت.

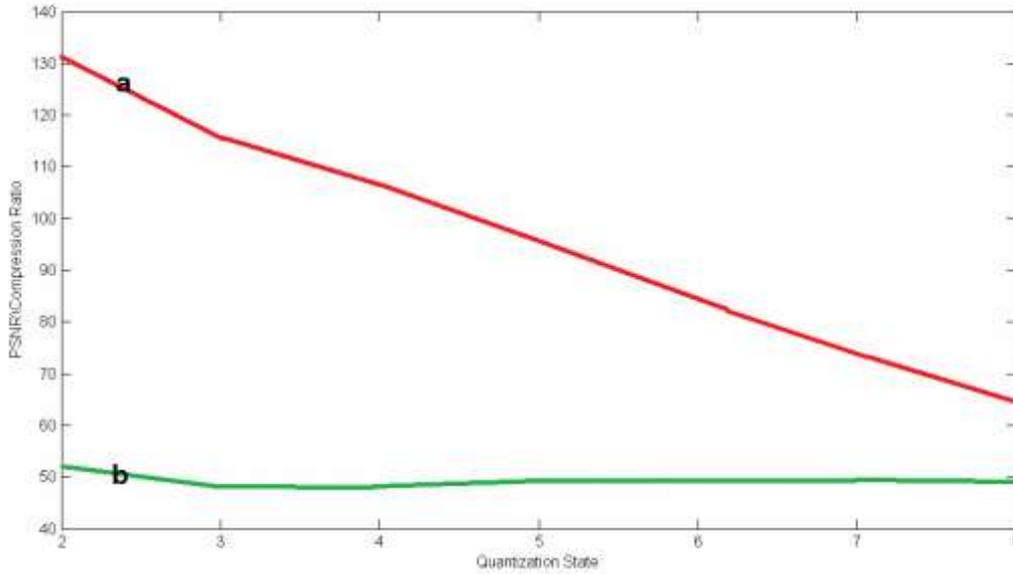


a: معدل MSE عند مستويات تكميم مختلفة باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي
 b: معدل MSE عند مستويات تكميم مختلفة بدون استخدام التحويل الانحنائي الرقمي
 الشكل (11): أثر استخدام التحويل الانحنائي الرقمي على معدل MSE

نلاحظ من الأشكال الثلاثة أنه باستخدام تحويل الانحنائي:

- عند استخدام مستوي تكميم منخفض تكون نسبة الضغط أقل بقليل وجودة الصورة أفضل ومعدل الخطأ أصغر.
- عند استخدام مستوي تكميم متوسط تكون نسبة الضغط أقل وجودة الصورة نفسها تقريباً ومعدل الخطأ نفسه تقريباً.
- عند استخدام مستوي تكميم مرتفع تكون نسبة الضغط أقل بكثير وجودة الصورة أقل بقليل ومعدل الخطأ أقل بقليل.

ولكن لتتعرف على أثر التحويل بدقة نقوم بحساب معامل جديد هو (نسبة جودة الصورة (PSNR) إلى نسبة الضغط) والذي يأخذ بعين الاعتبار كل من جودة الصورة ونسبة ضغط الصورة في آن واحد. ونقوم بحسابه عند مستويات التكميم المختلفة ونمثل النتائج بالشكل (12) الذي يعبر عن نسبة تحسين منحنى معدل الجودة إلى نسبة الضغط عند استخدام التحويل الانحنائي الرقمي.

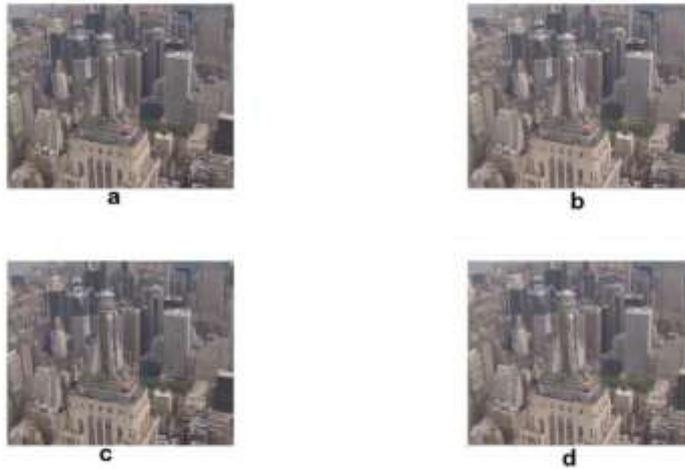


الشكل (12): أثر استخدام التحويل الانحنائي الرقمي على نسبة معدل PSNR إلى نسبة الضغط
 a: نسبة معدل PSNR إلى نسبة الضغط عند مستويات تكميم مختلفة باستخدام التحويل الانحنائي الرقمي
 b: نسبة معدل PSNR إلى نسبة الضغط عند مستويات تكميم مختلفة بدون استخدام التحويل الانحنائي الرقمي

من الشكل نلاحظ أنه عند استخدام المكمم لوحده تزداد جودة الصورة بازدياد نسبة الضغط بشكل شبه ثابت أما عند استخدام التحويل الانحنائي الرقمي فتكون نسبة جودة الصورة إلى نسبة الضغط عالية جداً ثم تقل النسبة تدريجياً ولكنها تبقى دائماً أعلى بكثير من النسبة عند استخدام المكمم لوحده، ومنه نستنتج أن استخدام التحويل الانحنائي الرقمي يؤدي إلى تحسين نسبة جودة الصورة إلى نسبة ضغط الصورة.

ترميز الصورة باستخدام ترميز هوفمان:

نهدف في هذه المرحلة إلى إيجاد أقصر طول وسطي فعال للترميز حيث نقوم باستبدال البيانات برموز مقابلة لها وبحسب احتمالية ظهورها وبالتالي ضغط الصورة والتقليل من فائض الترميز وتكون جودة الصورة أمثلية حيث يعتبر هذا الترميز من أساليب الضغط بدون فقد، وبهذه المرحلة نقوم بترميز خرج مرحلة التحويل الانحائي الرقمي وكذلك مصفوفة شعاع الحركة ويكون خرج المرحلة النهائية كما في الشكل (13)، تختلف نسبة الضغط حسب الصورة المستخدمة ومستوي التكميم أي مقدار البيانات الداخلة ولكن يكون معدل جودة الصورة لانهائياً أي لا يحدث أي فقد في بيانات الصورة ولا يحدث أي خطأ في الصورة المسترجعة كون الترميز أمثلي.



b: الصورة اليسارية بعد ترميز هوفمان
d: الصورة اليمينية بعد ترميز هوفمان

a: الصورة اليسارية الأصلية
c: الصورة اليمينية الأصلية

الشكل (13):

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

يظهر الجدول (1) علاقة نسبة الضغط مع جودة الصورة ونسبة الخطأ بالنسبة للصورة ومنه نلاحظ أن هذه الطريقة تقدم نسب ضغط منخفضة جداً وجودة صورة جيدة.

جدول (1): نسبة الضغط ونسبة الخطأ ومعدل البتات عند كل مستوي تكميم للصورة

Bit State	CompressionRatio(%)	PSNR (dB)	MSE	Rate (bpp)
2	3.87	13.7606	0.0595	0.3096
3	4.19	17.8340	0.0194	0.3352
4	6.09	21.7384	0.0078	0.4872
5	8.62	24.1790	0.0048	0.6896
6	11.37	25.2324	0.0041	0.9096
7	14.14	25.5180	0.0039	1.1312
8	16.93	25.5815	0.0039	1.3544

يظهر الجدول (2) مقارنة بين نتائج الطريقة المقترحة في البحث مع النتائج التي تم الحصول عليها بالطرق المعروضة بالدراسة المرجعية.

جدول(2):مقارنة بين الطريقة المقترحة والطرق الأخرى

Compression Technique	CompressionRatio (%)	PSNR (dB)	PSNR/CR
Proposed Technique	3.78	13.706	3.625926
Discrete Cosine Transformation (DCT)	57	51.54	0.904211
Discrete Wavelet Transformation Level 1	91	63.931	0.702538
Discrete Wavelet Transformation Level 2	88	58.66	0.666591
Discrete Wavelet Transformation Level 3	83	53.89	0.649277
Wavelet Transformation	10	18.5611	1.85611
Curvelet Transformation	10	25.98	2.598
Wavelet with Improved Quantizer	10	28.7499	2.87499
Curvelet with Improved Quantizer	10	32.6106	3.26106
Wavelet with SPHIT	12	36.04	3.003333
Ridgelet Transformation	50	29.66	0.5932

التوصيات:

يمكن استثمار هذه الطريقة كمبدأ لتطوير برمجيات حاسوبية تقوم بضغط الصور المجسمة لتخزينها على الحاسب أو تحضيرها للإرسال ويقوم هذا البرنامج أيضا بفك الضغط عن هذه الصورة.

الاتجاهات البحثية المستقبلية:

هنالك العديد من الاتجاهات المستقبلية للبحث حيث يمكن الاستفادة من المبدأ المستخدم والنتائج التي تم الحصول عليها، ومن أبرز هذه الاتجاهات مجال ضغط الفيديو لما له من أهمية كبيرة في وسائط النقل عبر الشبكة والانترنت وتناغمه الكبير مع هذه الطريقة حيث يمكن تطبيق الضغط بين الإطارات المتلاحقة عوضاً عن الصورتين الممثلتين للمنظر المجسم.

المراجع:

- [1] Agarwal,A.,*Compressing Stereo Images Using a Reference Image and the Exhaustive Block Matching Algorithm to Estimate Disparity between the Two Images*. Vol. 32, Canada: International Journal of Advanced Science and Technology (IJAST), 2011.
- [2] Aziz, T.,& Dolly,D.,*Motion Estimation and Motion Compensated Video Compression Using DCT And DWT*. Vol. 2,International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJETA),2012, 667-671.
- [3] Dalvir, K.,&Kamaljit,K.,*Huffman Based LZW Lossless Image Compression Using Retinex Algorithm*. Vol. 2, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering (IJARCCE),2013,3145-3151.
- [4] Ellinas, J.,&Sangriotis, S. *Stereo Image Coder Based on the MRF Model for Disparity Compensation*. Greece: University of Athens,2005, 20.

- [5] Giriprasad, M., Reddy, G., Savithri, S., Jayachandraprasad, T., & Latha, M., *Curvelets with New Quantizer for Image Compression*. Vol. 12, Global Journal of Computer Science and Technology (GJCST), 2012, 64-69.
- [6] Hanaffi, M. L., *Multiple Huffman Table For Image Compression*. Malaysia: University Teknologi, 2013, 93.
- [7] Hassen, W.; Jérôme, M.; Amiri, H., & Olivier, C., *A New Approach To Video Coding Based On Discrete Wavelet Coding And Motion Compensation*. Vol. 11, France: University of Poitiers, 2012, 176-189.
- [8] Kaaniche, M.; Benyahia, A.; Popescu, B. & Pesquet, J., *Non-separable lifting scheme with adaptive update step for still and stereo image coding*. Vol. 12, Paris: Marne-la-Vallée, 2011, 2767-2782.
- [9] Mathur, M., Loonker, S., & Saxena, D., *Lossless Huffman Coding Technique For Image Compression and Reconstruction Using Binary Trees*. Vol. 3, International Journal of Computer Trends Applications IJCTA, 2012, 76-79.
- [10] Pareek, P., & Shrivastava, M., *An Image Compression Using Multilayer Wavelet Transform with 2DTCWT: A Review*. Vol. 102, International Journal of Computer Applications (IJCA), 2014, 13-17.
- [11] Pethapara, D., Patel, D., & Makwana, B., 2014, *Comparison of Image Compression Techniques Using Wavelet and Curvelet Transform*. Vol. 3, pp. 178-181, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology (IJESRT).
- [12] Reddy, S.; Manohar, I.; & Sivaram, R., *High Throughput Image Compression Using SPIHT With Huffman Encoding*. Vol. 2, International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE), 2012, 88-92.
- [13] Saravanan, C., & Surender, M., *Enhancing Efficiency of Huffman Coding using Lempel Ziv Coding for Image Compression*. Vol. 2, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 2013, 38-41.
- [14] Shaikh, M., & Badnerkar, S., *Video Compression Algorithm Using Motion Compensation Technique*. Vol. 3, International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE), 2014, 625-629.
- [15] Sharma, M., *Compression Using Huffman Coding*. Vol. 10, International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS), 2010, 133-141.
- [16] Thyagarajan, K. S., *Still Image And Video Compression With Matlab*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2011, 442.
- [17] Vikram, R.; Koteswara, L.; & Ravikanth, P., *Image Compression by Discrete Curvelet Wrapping Technique with Simplified SPHT*. Vol. 39, International Journal of Computer Applications, 2012, 9.
- [18] Vipin, V., & Mathews, M., *FPGA Implementation of Image Compression Using SPIHT Algorithm*. Vol. 3, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (IJAREEIE), 2014, 7001-7007.
- [19] Vishnuvardhan, D.; Sreenivasan, B.; & Suneetha, I., *Advanced Digital Image Compression Technique Using Curvelet Transform*. Vol. 3, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 2013, 795-798.
- [20] Zadeh, P., & Serdean, C., *Stereo Video Disparity Estimation Using Multi-wavelets*. Vol. 3, The Seventh International Conference on Digital Telecommunications (ICDT), 2012, 50-54.