

Compression Digital Video Files using Singular Value Decomposition

Hasan Maher Ahmed

hasanmaher@uomosul.edu.iq

College of Computers Sciences and mathematics

University of Mosul, Mosul, Iraq

Received on: 25/03/2018

Accepted on: 27/08/2018

ABSTRACT

The development of data transfer technologies over multimedia or communications networks needs to be addressed to large storage units so that they can be sent and received in a packaged manner. It also takes a lot of time to transmit them while the current technologies are high standards, which reduces storage space and thus reduces transmission time and reception.

The aim of the study is to compress digital video files using SVD by inserting digital video and then analyzing it into a set of frames and then processing each frame using the compression algorithm used in the research. A set of measures were used to measure the quality of the compression.

The results showed that the use of a single value analysis technique was an effective method for compressing digital video files. After applying the work algorithms to a set of samples, the results also showed consistency and compatibility in the compression process with the samples that were treated.

Keywords: Digital Video Processing, Singular Value Decomposition (SVD), Data Compression.

كبس ملفات الفيديو الرقمي باستخدام تقنية تحليل القيمة الأحادية

حسن ماهر أحمد

كلية علوم الحاسوب والرياضيات

جامعة الموصل، الموصل، العراق

تاريخ قبول البحث: 2018\08\27

تاريخ استلام البحث: 2018\03\25

المخلص

إن التطورات الحاصلة في تقانات نقل البيانات عبر الوسائط المتعددة أو على شبكات الاتصالات تحتاج عند معالجتها بأجهزة الحاسوب إلى وحدات خزن كبيرة ليتسنى إرسالها واستقبالها بشكل حزم، كما يستغرق إرسالها وقتاً كبيراً أثناء نقلها وإن التقنيات الحالية عالية المقاييس، ولهذا أصبحت الحاجة ضرورية إلى استخدام تقانات الكبس التي تعمل على تقليل مساحة الخزن ومن ثم تؤدي إلى تقليل زمن الإرسال والاستقبال.

يهدف البحث إلى كبس ملفات الفيديو الرقمي باستخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) وذلك بإدخال الفيديو الرقمي ثم تحليله إلى مجموعة من الأطر ثم معالجة كل إطار (صورة) باستخدام خوارزمية الكبس المعتمدة في البحث، وقد استخدمت مجموعة من المقاييس لقياس جودة الكبس.

أظهرت النتائج أن استخدام تقنية تحليل القيمة الأحادية أسلوب فعال ومشجع لكبس ملفات الفيديو الرقمي، فبعد تطبيق خوارزميات العمل على مجموعة من العينات أظهرت النتائج أيضاً الانسجام والتوافق في عملية الكبس مع العينات التي تم التعامل معها.

الكلمات المفتاحية: معالجة الفيديو الرقمي، تقنية تحليل القيمة الأحادية، كبس البيانات.

1. المقدمة Introduction

في السنوات الأخيرة ازدادت ضخامة المعلومات والبيانات المخزونة التي تعالج رقمياً في مختلف الاختصاصات والتطبيقات بما فيها تطبيقات الاتصالات الحديثة؛ إذ يتطلب إرسال بيانات الفيديو الرقمي على نحو مباشر قناة ذات عرض حزمة واسعة، لهذا أصبحت عملية كبس البيانات وما زالت من التقانات المهمة في معالجة البيانات الرقمية لما لها من أهمية عالية في مجالات كثيرة ومتنوعة. [14]

يعرف الكبس بأنه تقانة تستخدم لتقليل حجم ملفات الفيديو الرقمي الملون لغرض التقليل من المساحة المخزنة وزيادة في سرعة النقل مع الاحتفاظ بالمعلومات الضرورية للفيديو، أي أن الكبس هو طريقة لمعالجة المعلومات وتمثيلها بشكل مضغوط ومن ثم التعامل مع هذه المعلومات في الملف المكون للفيديو بشكل رقمي، إن المفهوم العام للكبس يأتي مع التعريف الدقيق للمعلومات الضرورية للوسائط المتعددة ولذلك يجب التمييز بين البيانات (data) والمعلومات (information) [5].

يتناول البحث دراسة تقانة تحليل القيمة الأحادية (Singular Value Decomposition (SVD) المشتقة من موضوع الجبر الخطي؛ إذ تعد هذه التقانة من التقانات التي لها تطبيقات عديدة ومختلفة وإحدى هذه المجالات التي يتناولها البحث هو استخدامها في موضوع معالجة بيانات الفيديو الرقمي وذلك بتطبيق هذه التقانة لكبس الفيديو الرقمي الملون؛ إذ يعد يعتبر استخدام طريقة تحليل القيمة الأحادية (SVD) مع الكبس من طرائق الكبس بفقدان؛ إذ تتلخص الطريقة باستخلاص وخرن معلومات مهمة وكاملة متعلقة بالبيانات المراد كبسها في الملف المكبوس، إن من مميزات هذه الطريقة أنها لا تعتمد على مستوى (حجم) ثابت للكبس ولكنها تعتمد على كمية المعلومات المطلوب تخزينها (كبسها) لغرض استرجاعها فيما بعد أي تعتمد على الدقة والتفاصيل التي يتم الحاجة لها في البيانات المسترجعة، وتعد هذه الخوارزمية مفيدة لكبس ملفات الفيديو الرقمي الملون ونقلها لمسافات بعيدة بحيث إن المستلم يتمكن من استرجاع البيانات بشكل مقبول.

قدم العديد من الباحثين بحثاً متنوعاً في هذا المجال، ففي عام 2013 قدم الباحثان Samruddhi و Reena بحثاً تم فيه كبس الصور الرقمية الرمادية باستخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية، واعتمد الباحثان على تقسيم الصورة إلى عدد من المتجهات بالاعتماد على أبعاد الصورة المدخلة [10].

وفي عام 2016 قدم الباحثون Aishwarya و Rachana و Sobarad و Vipula بحثاً تم فيه تطبيق تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) على الصور الرقمية المتوسطة المستوى وذلك بعملية التحويل إلى ثلاث مصفوفات للصورة الرقمية الملونة [1].

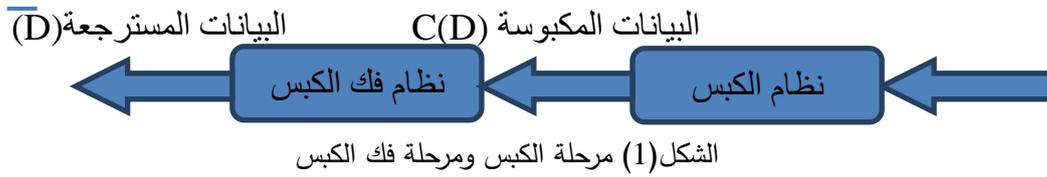
وفي عام 2017 قدم الباحثان Maytham و Aqeel بحثاً تم فيه الاعتماد على طريقة مهجنة بين تقانة تحليل القيمة الأحادية وتقانة التحويل المويجي المتقطع لكبس مقطع صوتي للكلام وذلك من خلال تسلسل لمجموعة من الخطوات باستخدام مرشح التمرير العالي لإزالة مقاطع الصمت واستخدام طريقة ترميز هوفمان [6].

2. المخطط العام للبحث General Research Plan

إن الهدف من البحث هو كبس ملفات الفيديو الرقمي الملون باستخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) وذلك بإدخال ملف الفيديو الرقمي الملون ثم تقسيمه إلى مجموعة من الأطر (Frames) ليتم بعد ذلك معالجة كل إطار مع تقانة تحليل القيمة الأحادية للكبس والمعتمدة في البحث، إذ يمكن تمثيل الفيديو الرقمي على أنه عبارة

عن سلسلة من الصور الساكنة المسماة بالأطر (frames) إذ تعرض بالترتيب وحسب سرعة معينة؛ إذ إن الملفات المعتمدة لتمثيل حركة الفيديو هي عبارة عن ملفات ذات صيغ مختلفة تحمل بيانات بطرائق مختلفة؛ إذ تنفصل هذه الصور إلى أطر (Frames) كل واحدة منها تمثل لقطة من المشهد، ومن الممكن أن يكون حجم الملف كبيراً بالنسبة للحركة لذا يستخدم الكسب لتقليل حجم الملف لكن هذا يسبب فقدان نوعية ووضوحية الفيديو الرقمي في بعض صيغ الملفات وهذا ما يعرف بالكسب بفقدان (Lossy compression) [15][4].

إن الخصائص المشتركة لأطر الفيديو هي أن النقاط المتجاورة تكون مترابطة فيما بينها لذلك يحتوي كل إطار على معلومات متكررة على نحو كبير والفعالية المهمة في ذلك هي إيجاد تمثيل جديد لتلك النقاط بأسلوب يقلل من تكرار المعلومات وهو ما يعد مبدأ رئيساً في عملية الكسب، ويتكون نموذج نظام الكسب من قسمين الكسب وفك الكسب؛ إذ تم العمل على أخذ البيانات الداخلة (D) وتوليد تمثيل اقصر للبيانات C(D) بعدد أقل من البتات مقارنة بعدد البتات في (D)، وبالعكس تم العمل على فك الكسب وهذه العملية تأخذ البيانات المكبوسة C(D) وتولد أو تعيد تركيب البيانات [12][8] (D)، وكما في الشكل (1).



بعد إدخال الفيديو الرقمي الملون قسم إلى الشرائح اللونية الثلاثة (الأحمر والأخضر والأزرق)، وبالاعتماد على تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) عولجت كل شريحة لونية على حدة، وذلك بدراسة القيم اللونية الخاصة بكل شريحة، وبعد إتمام عملية الكسب لكل شريحة دمجت الشرائح اللونية الثلاثة لتعطي بذلك إطاراً مكبوساً واحداً من أطر الفيديو، ويتكرر هذه العملية على جميع أطر الفيديو تم الحصول على ملف فيديو رقمي مكبوس وكما موضح في المخطط (1).

3. تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) Singular Value Decomposition

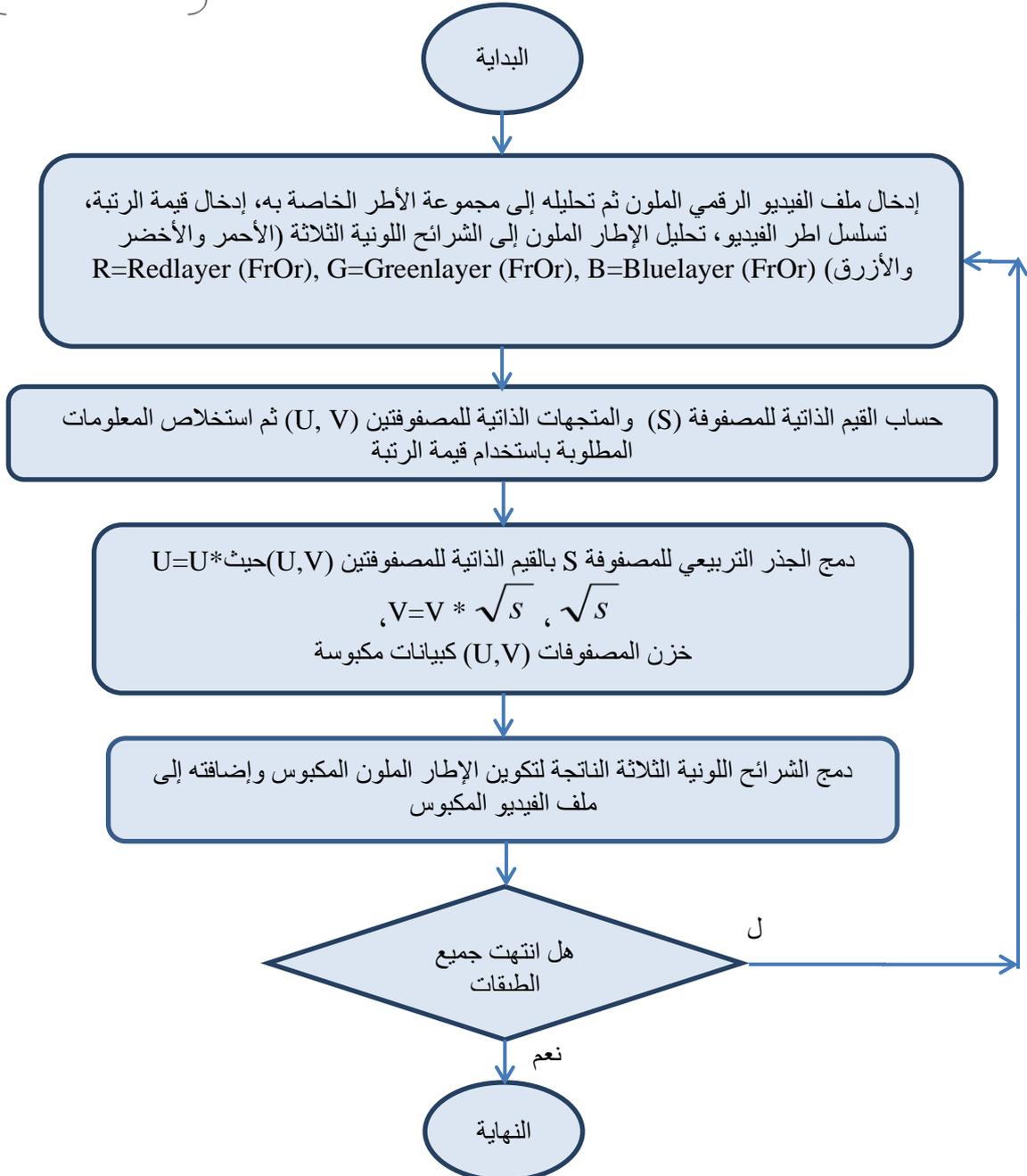
تعد تقانة تحليل القيمة الأحادية من التقانات التي لها تطبيقات مختلفة وإحدى هذه المجالات هو استخدامها في كسب المعلومات لتقليل سعة الخزن ومن ثم زيادة سرعة النقل، إذ تتلخص هذه الطريقة بتحليل (تفكيك) المصفوفة التي تحوي بيانات أطر الفيديو الرقمي إلى ثلاث مصفوفات وتستخلص المعلومات المطلوبة من هذه المصفوفات لتكسب ويتم الحصول على أطر ذات تفاصيل يمكن أن تكون قريبة من أطر الفيديو الأصلي ولكن بحجم أقل؛ ويمكن إعادة أطر الفيديو الأصلي بالاعتماد على هذه المعلومات، إذ إن دقة أطر الفيديو الناتجة تعتمد على كمية المعلومات المأخوذة من أطر الفيديو الأصلي ومستوى القبول للأطر الناتجة يعتمد على دقة اختيار التفاصيل المهمة من أطر الفيديو الأصلي [3].

إن هذه التقانة هي ليست عملية كسب اعتيادية على الفيديو الرقمي فهي تقانة تتطلب عمليات رياضية عالية المستوى، فعند استخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) تحلل الشريحة اللونية (A) إلى ثلاث مصفوفات U, S, VT حيث [9]:

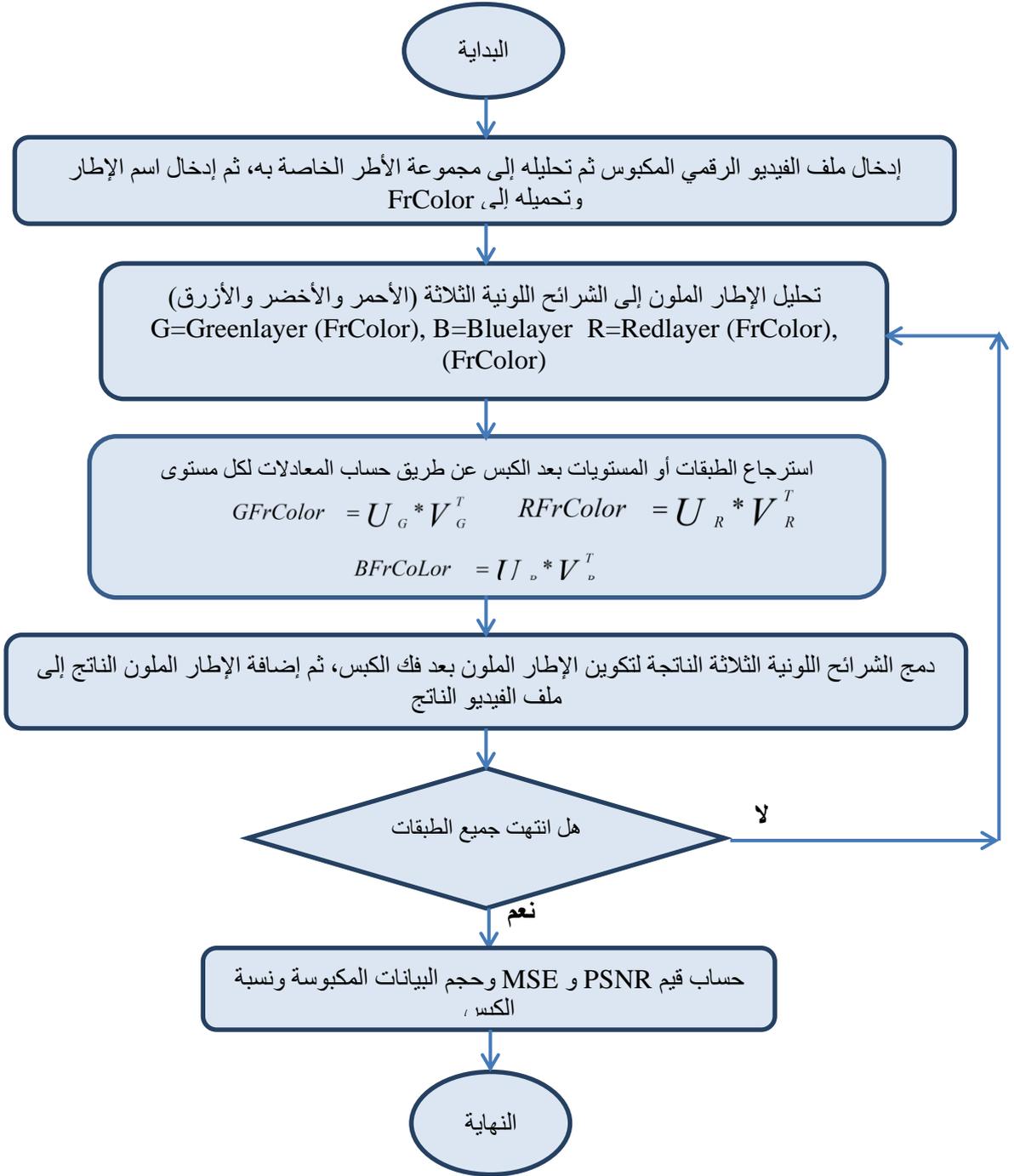
$$A_{m \times n} = U_{m \times m} S_{m \times n} V_{n \times n}^T$$

إذ U, V, T مصفوفات متعامدة وهي تمثل المتجهات الذاتية (Eigen vectors) أما المصفوفة S فهي مصفوفة قطرية تمثل القيمة الذاتية (Eigen value)، فالمصفوفة U تضم القيم الموجودة في الجهة اليسرى من المصفوفة A ، أما المصفوفة V فتضم القيم الموجودة في الجهة اليمنى من المصفوفة A ، والمصفوفة S تضم عناصر القطر الرئيس للمصفوفة A ، وتكون عناصر المصفوفة S مرتبة تنازلياً على القطر الرئيس؛ [2] إذ 0

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_N & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} (A^T A - \lambda I)X = 0$$



المخطط الانسيابي (1) خوارزمية الكبس باستخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية



المخطط الانسيابي (2) خوارزمية فك الكبس باستخدام تقنية تحليل القيمة الأحادية

يتطلب حساب المصفوفات U, S, V^T وتكوينها العمليات الحسابية الموضحة في الخطوة التالية التي تتطلب إيجاد قيم المتجه الذاتي والقيمة الذاتية، أما خطوات عمل الخوارزمية فيكون بالشكل الآتي: [7]

1- تحسب القيم الذاتية لكل من $A^T A, A A^T$ من العلاقة:

$$(A - \lambda I) = 0$$

إذ إن A تمثل $A A^T$ و $A^T A$ ، وإن λ تمثل القيم الذاتية، و I تمثل مصفوفة قطرية عناصر قطرها يساوي واحداً.

2- تحسب المتجهات الذاتية بالاعتماد على القيمة الناتجة من النقطة الأولى لكل من AA^T و $A^T A$ من العلاقة (إذ إن x تمثل المتجه الذاتي):

$$(A - \lambda I)x = 0$$

3- بعد إيجاد القيم الذاتية تكون المصفوفات الثلاثة U, S, V وعلى النحو الآتي:

I. تكوين عناصر المصفوفة الأحادية S بأخذ الجذر التربيعي لكل عنصر من عناصر القيم الذاتية مرتبة تنازلياً.

II. تكوين المصفوفة U من قيم عناصر المتجه الذاتي الناتج من العملية الحسابية AA^T بعد قسمة كل عنصر من عناصر المتجه الذاتي على المقدار (magnitude) التي تحسب بأخذ الجذر التربيعي لحاصل جمع مربعات قيم المتجه الذاتي.

III. أما عناصر المتجه الذاتي الناتجة من العملية الحسابية $A^T A$ فتتكون منها عناصر المصفوفة V بعد قسمة كل عنصر بالمتجه على قيمة المقدار (magnitude) للمتجه.

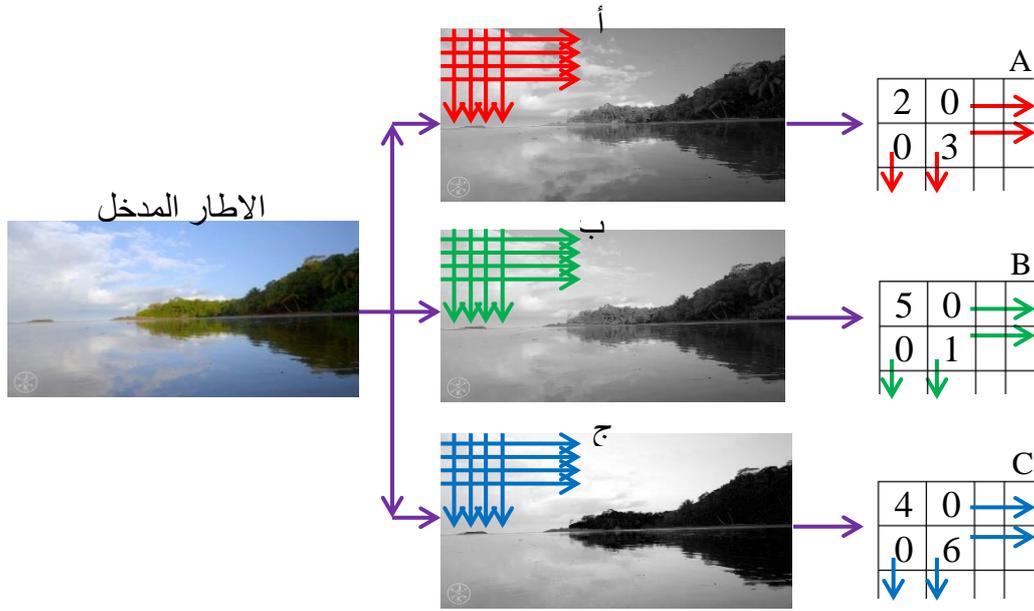
4- عند استرجاع المصفوفة A يتم ضرب المصفوفات الثلاثة: $A = U * S * V^T$

عند تنفيذ الخوارزمية يتم إدخال قيمة الرتبة (Rank) التي تعتمد عليها نسبة الكبس ثم تطبيق خوارزمية تحليل القيمة الأحادية (SVD) لأطر الفيديو الملونة المراد كبسها كما موضح في المخطط (1).

4. نموذج نظام كبس الفيديو الرقمي Digital Video Compression System

إن الكبس يمكن أن ينجز بعدة طرائق وأساليب تعتمد على نوعية البيانات المراد إجراء الكبس عليها وعلى وفق تركيبها؛ إذ تتأثر البيانات الناتجة بالطريقة المستخدمة في كبسها، وعلى هذا الأساس هنالك نوعان من طرائق الكبس التي صنفت على وفق طريقة حفظها للبيانات وهي الكبس بدون فقدان والكبس بفقدان، ففي حالة الكبس بفقدان يفقد جزء من مجموعة البيانات للصورة الأصلية ولكن هذا الفقدان قد لا يؤثر بدرجة كبيرة على المعالم الرئيسة للبيانات عند الاسترجاع؛ إذ تبقى البيانات محتقظة بالمعلومات الضرورية، وقد لا يستخدم هذا النوع في بعض التطبيقات التي لا تسمح بأي فقدان في بياناتها مثل تطبيقات الوسائط المتعددة الطبيعية والبيانات النصية فيكون هذا النوع قليل الاستخدام، في حين يمكن استخدامه في تطبيقات التحسس النائي بسبب كبر حجم المعلومات المرسلة، إن أهم ميزات هذا الأسلوب هو الحصول على نسبة كبس عالية وعليه يكون استخدامه بالاعتماد على نسبة فقدان البيانات المسموح بها وأهميتها، ويلاحظ استخدام هذا الأسلوب على نحو كبير في نقل الأصوات؛ إذ يصعب على الأذن البشرية من التمييز بين الصوت قبل الكبس والصوت بعد استرجاعه.

بعد إدخال ملف الفيديو الرقمي الملون يقطع إلى مجموعة من الأطر المكونة منه، ثم تحلل كل إطار إلى الشرائح اللونية الثلاثة (الأحمر والأخضر والأزرق) وكما في الشكل (2)، ثم تحلل كل شريحة إلى القيم اللونية الخاصة بها لتعالج بإدخالها إلى خوارزمية تحليل القيمة الأحادية.



الشكل (2) تحليل إلى الشرائح اللونية: أ-الشريحة الحمراء، ب-الشريحة الخضراء، ج-الشريحة الزرقاء
ونأخذ مثلاً على ذلك بأخذ عينة بيانات من إحدى أطر الفيديو المدخل بالاعتماد على الشريحة الحمراء
واعتبارها تمثل المصفوفة A، لتحسب بعدها A^T ثم $A^T A$ ، ثم تحسب القيم الذاتية (Eigen value) لكل من A
و $A^T A$ وعلى النحو الآتي:

$$A^T A = \begin{bmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 9 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4-\lambda & 0 \\ 0 & 9-\lambda \end{bmatrix}$$

$$(4-\lambda)(9-\lambda)-0=0, \quad (4-\lambda)(9-\lambda)=0, \quad \lambda_1=4, \lambda_2=9$$

إذ λ_1 و λ_2 تمثل القيم الذاتية للعملية الحسابية AA^T ، بعدها تكون عناصر المصفوفة S من أخذ الجذر التربيعي للقيم الذاتية (Eigen value) وترتيبها تنازلياً:

$$S = \begin{bmatrix} \sqrt{4} & 0 \\ 0 & \sqrt{9} \end{bmatrix}$$

ثم تحسب قيم المتجهات الذاتية لكل من AA^T و $A^T A$ بعدما تم إيجاد القيم الذاتية لكليهما وعن طريق العلاقة الآتية:

$$(AA^T - \lambda I)X = 0 \Rightarrow \left(\begin{bmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 9 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \right) X = 0 \Rightarrow \begin{bmatrix} 4-\lambda & 0 \\ 0 & 9-\lambda \end{bmatrix} X_1 = 0$$

$$\text{عندما } \lambda=4 \rightarrow \begin{bmatrix} 4-4 & 0 \\ 0 & 9-4 \end{bmatrix} X_1 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} X_1 = 0 \rightarrow X_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{عندما } \lambda=9 \rightarrow \begin{bmatrix} 4-9 & 0 \\ 0 & 9-9 \end{bmatrix} X_2 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} -5 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} X_2 = 0 \rightarrow X_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

بعدها يتم العمل على تكوين المصفوفة U من عناصر قيم المتجهات الذاتية x1,x2 بعد تقسيمها على قيم المقدار (Magnitude).

$$U = \begin{bmatrix} -1/\sqrt{1} & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{1} \end{bmatrix}$$

$$(A^T A - \lambda I)X = 0 \rightarrow \left(\begin{bmatrix} 4 & 0 \\ 0 & 9 \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \right) X = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} 4-\lambda & 0 \\ 0 & 9-\lambda \end{bmatrix} X = 0$$

$$\text{عندما } \lambda=4 \rightarrow \begin{bmatrix} 4-4 & 0 \\ 0 & 9-4 \end{bmatrix} X_1 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 5 \end{bmatrix} X_1 = 0 \rightarrow X_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{عندما } \lambda=9 \rightarrow \begin{bmatrix} 4-9 & 0 \\ 0 & 9-9 \end{bmatrix} X_2 = 0 \rightarrow \begin{bmatrix} -5 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} X_2 = 0 \rightarrow X_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

بعدها يتم العمل على تكوين المصفوفة V من عناصر قيم المتجهات الذاتية x1 و x2 بعد تقسيمها على قيم المقدار، وبعد إيجاد قيم المصفوفات الثلاثة فإن المصفوفة A سوف تساوي A=USV^T، وبعد ضرب المصفوفات الثلاثة يتم الحصول على المصفوفة الأصلية A التي تساوي:

$$V = \begin{bmatrix} -1/\sqrt{1} & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{1} \end{bmatrix} \rightarrow A = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{4} & 0 \\ 0 & \sqrt{9} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow A = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$$

عند استخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية للكبس فإن هنالك مشكلة رئيسية وهي البدء بمصفوفة N*M وعند تطبيق هذه التقانة عليها سوف تتكون ثلاث مصفوفات بالأبعاد N*M و N*N و N*M القطرية N*M، وإذا كانت M=N أي إن المصفوفة مربعة فتكون الصورة تمتلك M² من القيم وبعد تطبيق تقانة تحليل القيمة الأحادية عليها سيتم الحصول على 2M²+M من القيم لكل تمثيل للأطر، وهذا يتطلب مساحة خزن أكبر من المساحة المطلوبة للأطر الأصلية ولغرض تقليل مساحة الخزن واستخدام المعلومات الناتجة من طريقة تحليل القيمة الأحادية في عملية الكبس تطبق عملية التقريب (Approximation) أي عملية ترتيب لعدد عناصر المصفوفات الناتجة (U,S,V) وذلك بتطبيق ما يعرف بالـ RANK أي الرتبة وهذا يتم عن طريق خزن جزء من عناصر المصفوفات الثلاث أي قسم من عناصر كل مصفوفة وليس جميع عناصرها ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة أو العلاقة الآتية: [11]

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^r u_i * s_i * v_i$$

$$\tilde{A} = \sum_{i=1}^r u_i * v_i^T \rightarrow u_i = \sqrt{s_i} * u_i \rightarrow v_i = \sqrt{s_i} * v_i$$

إذ إن r تمثل قيمة الرتبة التي تمثل كمية المعلومات المطلوب خزنها ومقدارها أي (المعلومات المأخوذة من كل إطار)، وإن قيمة الرتبة تعتمد على المستخدم؛ إذ كلما كان مقدار الرتبة كبيراً كانت مساحة الخزن للمعلومات

كبيرة ولكن دقة الفيديو وشدة الوضوح تقترب من الفيديو الأصلي، وكلما قل مقدار قيمة الرتبة قلت مساحة الخزن للمعلومات ولكن بالمقابل تقل دقة الفيديو وشدة الوضوح، وعموماً يجب أن تكون قيمة الرتبة التقريبية لا تزيد عن القيمة الناتجة من العلاقة $M/(2M+1)$ لكي يخزن الفيديو على نحو ملائم من حيث المساحة ودقة وضوح الفيديو وتكون نسبة الكبس مقبولة، ويمكن أيضاً التقليل من مساحة الخزن وذلك بدمج وتضمين عناصر المصفوفة القطرية S في المصفوفتين U و V وذلك بأخذ قيمة الجذر التربيعي لكل عنصر من عناصر المصفوفة S وضربه بالمصفوفات U, V باستخدام العلاقة الآتية: [13]

إن المساحة الخزنية لتمثيل المعلومات تقل وذلك بخزن كل من قيم المصفوفات U و V فقط؛ لأن قيم المصفوفة S أصبحت ضمن U و V وكذلك عدد العناصر المخزونة تعتمد على قيمة الرتبة.

5. مقاييس كفاءة عملية الكبس الموضوعية measures of accuracy & efficiency

في بعض أنظمة إرسال واستقبال الملتيميديا يمكن التسامح ببعض الأخطاء في البيانات التي أعيد بناؤها، إذ يمكن استعمال مقياس الكفاءة كمقياس جودة النظام، يمكن افتراض الفيديو الرقمي الأصلي يتألف من Z من الأطر بحيث إن كل إطار يتألف من العناصر $f(x,y)$ وأن $f(x,y)$ $(x,y=0,1,2,\dots,n-1)$ ، إذ إن الخطأ بين عنصر ما ضمن الإطار الأصلي وعنصر مقابل له ضمن الإطار الناتج عند أي قيمة لـ x,y ضمن المدى $0,1,2,\dots,n-1$ هو $e(x,y)=g(x,y) - f(x,y)$.

بعد أن طبقت جميع خطوات العمل والحصول على نتائجها، تم تقييم النتائج النهائية بوساطة الاختبارات الإحصائية؛ إذ إن الاختبارات الإحصائية تستخدم طرائق رياضية، وتوجد عدة أنواع من الاختبارات الإحصائية أهمها:

- إيجاد أقل قيمة لمربع الخطأ (Minimum Squared Error) بين إشارة الإدخال والإخراج، إذ تمثل M و N عدد الأعمدة والأسطر للإشارة، وتمثل $I_i(m,n)$ و $I_{21}(m,n)$ إشارة الإدخال والإخراج.

$$MSE = (\sum_{MN}[I_i(m,n) - I_{21}(m,n)]^2) / (M*N)$$

$$PSNR = \text{قياس نسبة الضوضاء (Peak Signal-to-noise ratio)} : 10\log_{10}[R^2/MSE]$$

إذ تمثل R^2 قيم البيانات إذا كانت Floating Point أو Unsigned integer.

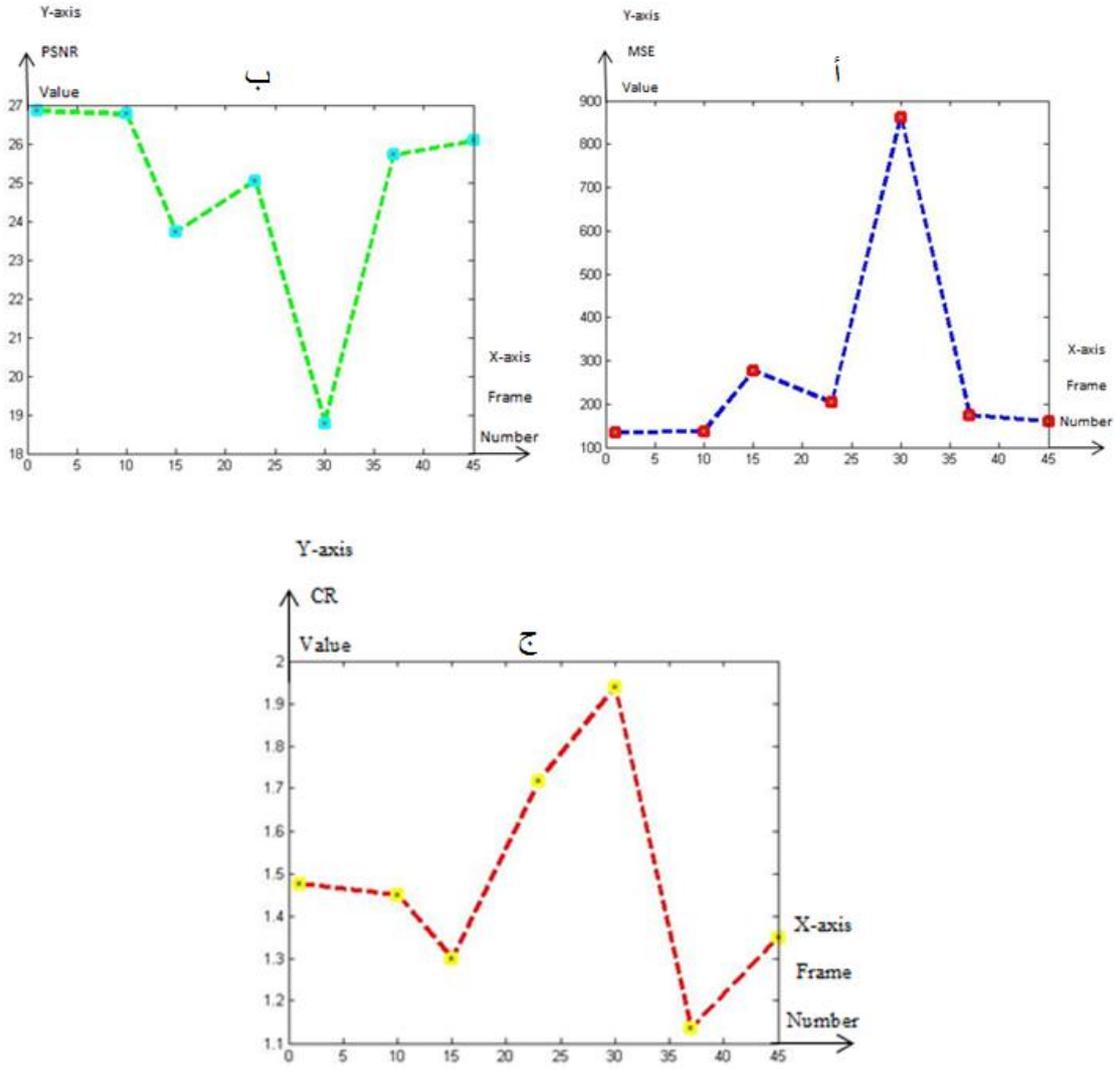
- حساب نسبة الكبس وهي عبارة عن قسمة حجم الملف غير المكبوس على الملف المكبوس.

$$\text{Compression ratio (CR)} = \text{uncompressed file size} / \text{compressed file size}$$

طبقت مقاييس الكفاءة على مجموعة عينات (أطر) مختلفة من الفيديو الرقمي والحصول على النتائج وكما في الجدول (1)، أما الشكل (3) فيوضح الرسم البياني للنتائج.

Frame No.	MSE	PSNR	CR
1	134.2482	26.8517	1.4750
10	136.9313	26.7658	1.4500
15	276.5838	23.7125	1.3000
23	203.3147	25.0491	1.7179
30	861.8283	18.7766	1.9385
37	174.5117	25.7126	1.1351
45	160.1511	26.0855	1.3500

الجدول (1): تطبيق مقاييس الكفاءة على مجموعة مختلفة من الأطر



الشكل (3): مقاييس كفاءة عملية الكبس لمجموعة من العينات (أطر الفيديو)

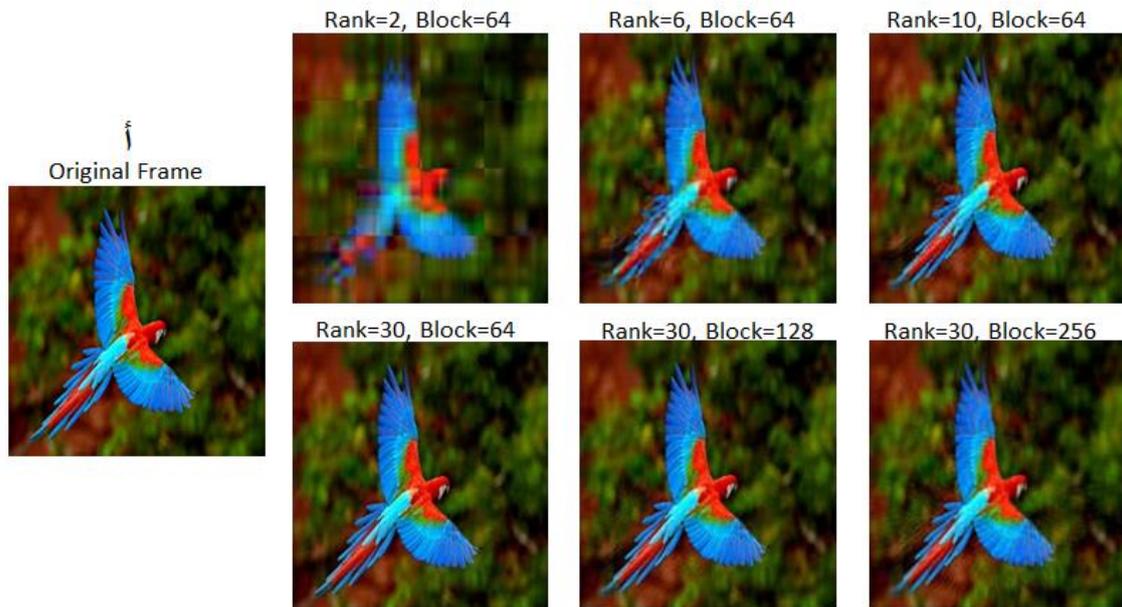
أ: إيجاد أقل قيمة لمربع الخطأ MSE ب: قياس نسبة الضوضاء PSNR ج: حساب نسبة الكبس CR
تم العمل على أنموذج آخر من ملفات الفيديو الرقمي للحصول على بيانات ومعلومات مقاييس الكفاءة والدقة، وكما في الجدول (2).

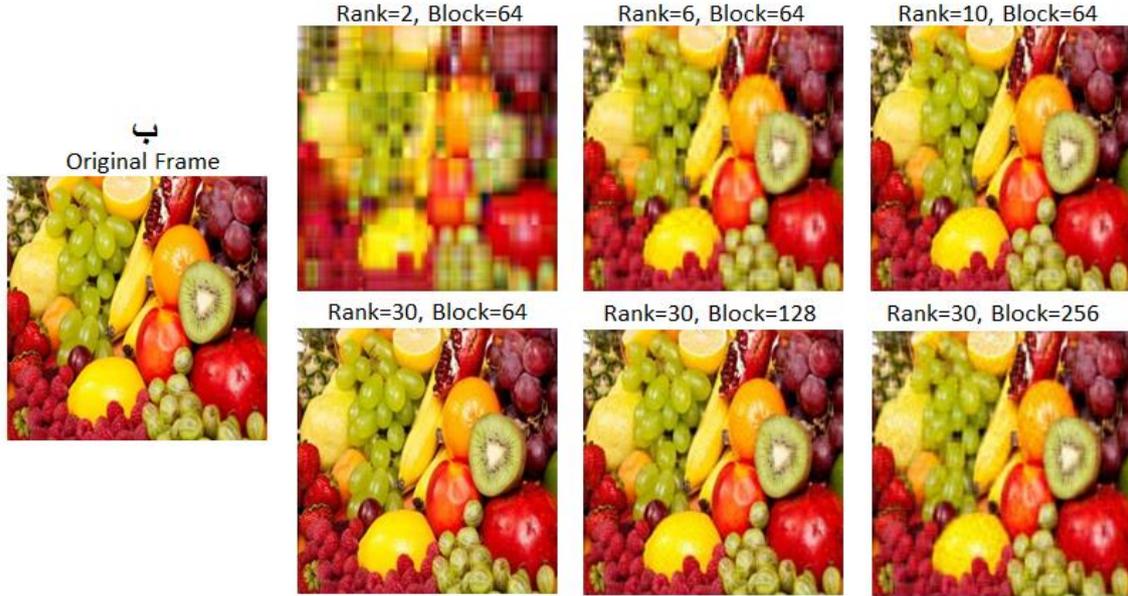
<u>Frame Number</u>	<u>Rank</u>	<u>Block</u>	<u>Frame Dimension</u>	<u>PSNR</u>	<u>MSE</u>	<u>Size(k)</u>	<u>Compression Ratio</u>
1	2	64	256*256	25.8733	504.5126	12	16
1	6	64	256*256	32.4230	111.6608	36	5.3333
1	10	64	256*256	35.9397	49.6858	60	3.2000
1	30	64	256*256	52.0994	1.2030	180	1.0667
1	30	128	256*256	39.5266	21.7540	90	2.1333
1	30	256	256*256	33.7097	83.0295	45	4.2667
100	2	64	256*256	26.5503	431.6891	12	16
100	6	64	256*256	32.4932	109.8714	36	5.3333
100	10	64	256*256	36.5388	43.2835	60	3.2000

100	30	64	256*256	54.1215	0.7552	180	1.0667
100	30	128	256*256	41.3333	14.3505	90	2.1333
100	30	256	256*256	35.5964	53.7721	45	4.2667
150	2	64	256*256	27.9064	315.9057	12	16
150	6	64	256*256	32.7659	103.1828	36	5.3333
150	10	64	256*256	35.7001	52.5043	60	3.2000
150	30	64	256*256	49.6750	2.1023	180	1.0667
150	30	128	256*256	38.6208	26.7994	90	2.1333
150	30	256	256*256	33.7526	82.2136	45	4.2667
200	2	64	256*256	25.1860	591.0157	12	16
200	6	64	256*256	32.7119	104.4744	36	5.3333
200	10	64	256*256	36.9670	39.2197	60	3.2000
200	30	64	256*256	52.3848	1.1265	180	1.0667
200	30	128	256*256	42.8381	10.1483	90	2.1333
200	30	256	256*256	34.6385	67.0433	45	4.2667
270	2	64	256*256	23.4642	878.5830	12	16
270	6	64	256*256	29.0997	240.0126	36	5.3333
270	10	64	256*256	32.3381	113.8653	60	3.2000
270	30	64	256*256	44.7164	6.5851	180	1.0667
270	30	128	256*256	35.4730	55.3224	90	2.1333
270	30	256	256*256	30.2237	185.2821	45	4.2667

الجدول(2): بيانات الأطر المكبوسة لعينات من أطر الفيديو

من خلال الجدول(2) تم الحصول على بيانات طبقت على عينات من أطر مختلفة من الفيديو الرقمي المدخل، فتم التعامل مع الأطر المدخلة بتقسيمها إلى مجاميع (Blocks) مختلفة، إذ كلما قلت أبعاد المجموعات قلت نسبة الكسب مع زيادة وضوحية الإطار الناتج، واعتمد على قيمة الرتبة (Rank) والعمل على قيم مختلفة منها، والشكل (4) يوضح وضوحية الأطر المكبوسة وجودتها حسب قيم الرتبة وتقسيم المجاميع.





الشكل (4): وضوحية الأطر المكبوسة وجودتها حسب قيم الرتبة وتقسيم المجاميع إذ:

أ-تطبيق عملية الكبس على الإطار رقم 100 ب-تطبيق عملية الكبس على الإطار رقم 270

6. الاستنتاجات Conclusions

- من خلال تطبيق خوارزميات العمل المقترحة لكبس ملفات الفيديو الرقمي باستخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD)، تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:
- 1- أظهرت النتائج أن استخدام تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) أداة فعالة ومشجعة لكبس ملفات الفيديو الرقمي، إذ طبقت خوارزميات العمل على أكثر من مقطع فيديو رقمي، وتعد تقانة تحليل القيمة الأحادية كفاءة وتعطي نتائج جيدة ويمكن الحصول على بيانات قريبة من البيانات الأصلية.
 - 2- إن تقانة تحليل القيمة الأحادية تمتلك مرونة عند التعامل معها حيث يمكن تطبيقها على أطر الفيديو الرقمي بحجمها الكامل أو بتقسيمها إلى مجاميع (blocks)، ويمكن تطبيقها إلى ملفات الفيديو الرقمي الملونة وغير الملونة وبأحجام مختلفة.
 - 3- تعد عملية الكبس بتقانة تحليل القيمة الأحادية بفقدان، وذلك لفقدان جزء من البيانات بعد إجراء عملية الكبس.
 - 4- تعد تقانة تحليل القيمة الأحادية من تقانات الجبر الخطي وتمثل طريقة كبس عالية المستوى تمكن المستخدم من كبس حجم البيانات عند الطلب والتطبيق إذ يمكن كبس البيانات وتقليل حجمها إلى أقل من 50% من الحجم الأصلي للبيانات الأصلية ونسبة الخطأ فيها يمكن اعتبارها قليلة بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من تقانات الكبس؛ إذ يقلل حجم البيانات حسب قيمة الرتبة (Rank) المعطاة (أي استخلاص المعلومات المهمة من البيانات) وجزئها بدون أن تشغل مساحة كبيرة وبهذا يمكن الحصول على بيانات لا تختلف كثيراً عن البيانات الأصلية.

- 5- إن جودة الكبس ودقة البيانات تعتمد على قيمة الرتبة (Rank)؛ إذ كلما كانت قيمة الرتبة قليلة كانت نسبة الكبس كبيرة ولكن دقة البيانات المسترجعة ووضوحها قليل، وإذا كانت قيمة الرتبة كبيرة كانت نسبة الكبس قليلة ولكن دقة الصورة المسترجعة ووضوحها كبير.
- 6- إن نسبة الكبس تختلف من إطار إلى آخر بحسب كثافة البيانات داخل كل إطار بحسب النتائج الظاهرة ضمن الجدولين (1) و (2)، فالإطار الذي يحتوي بيانات ومعلومات قليلة تكون نسبة الكبس فيه أقل من الإطار الذي يحتوي بيانات ومعلومات كثيرة؛ إذ إنه من مميزات هذه الطريقة أنها لا تعتمد على حجم ثابت للكبس ولكنها تعتمد على كمية المعلومات المطلوب خزنها وكبسها لغرض استرجاعها أي تعتمد على دقة التفاصيل الموجودة ضمن أطر الفيديو.

7. التوصيات Recommendations

- إن ما تم بناؤه في هذه الخوارزميات يمكن أن يكون نقطة انطلاق لأفكار وأعمال مستقبلية ذات أهداف مشتركة، وعليه اقترحت الأعمال المستقبلية الآتية:
- 1- تهجين تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) مع تقانات كبس أخرى، مثل تقانة التحويل المويجي (Wavelets) وغيرها.
 - 2- تقسيم أطر الفيديو إلى مجاميع وتطبيق تقانة تحليل القيمة الأحادية (SVD) باستخدام رتب (Rank) مختلفة لعمل مجموعة حسب شروط وقواعد معينة.
 - 3- إمكانية استخدام تقانات الذكاء الاصطناعي مع تقانة تحليل القيمة الأحادية مثل الشبكات العصبية الاصطناعية وغيرها.
 - 4- إمكانية العمل مع الزمن الحقيقي (Real Time) في عملية إدخال ومعالجة الفيديو الرقمي التي تستخدم غالباً عبر شبكات الاتصالات لتقليل حجم البيانات المرسلة والمستقبلة.

المصادر

- [1] Aishwarya K. M., Rachana R., Sobarad M., Vipula S., 2016, "Lossy Image Compression using SVD Coding Algorithm", This full-text paper was peer-reviewed and accepted to be presented at the IEEE WiSPNET conference.
- [2] Bruno R. H., Auguste R. P., Raft R. N., 2016, "Image Compression with SVD: A New Quality Metric Based On Energy Ratio", IJCSN International Journal of Computer Science and Network, Volume 5, Issue 6, December, ISSN (Online) : 2277-5420.
- [3] Gholamreza A., 2017, "Super Resolution Based Image Compression Using Wavelet Transforms and Singular Value Decomposition", Tamap Journal of Engineering, Volume 2017, Article ID 3, Research Article.
- [4] Lei Y., 2011, "Image And Video Compression And Copyright Protection", A Dissertation Presented To The Graduate School Of The University Of Florida In Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Doctor Of Philosophy, University Of Florida.
- [5] Mahalakshmi R., Mahendran S. K., 2017, "Analysis of Video Compression Technique", International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology (IJARCST 2017) 52 Vol. 5, Issue 1 (Jan. - Mar.).
- [6] Maytham S., Aqeel S., 2017, "Hybrid Speech Compression method Based on DWT and SVD", International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 21 (2017) pp. 11493-11499.
- [7] Mounika K., Lakshmi S. N., Alekya K., 2015, "SVD BASED IMAGE COMPRESSION", International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 2, March-April, ISSN 2091-2730.
- [8] OGE M., 2011, "PRACTICAL IMAGE AND VIDEO PROCESSING USING MATLAB", Copyright © by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved, Published simultaneously in Canada.
- [9] Pabi J. A., Puviarasan N., Aruna P., 2017, "Fast Singular value decomposition based image compression using butterfly particle swarm optimization technique (SVD-BPSO)", Volume 4, Issue 4, April, pp. 128-135 ISSN (O): 2349-7084 International Journal of Computer Engineering In Research Trends.
- [10] Samruddhi K., Reena R., 2013, "Image Compression using Singular Value Decomposition", International Journal of Advancements in Research & Technology, Volume 2, Issue 8, August-2013 244 ISSN 2278-7763.
- [11] Shafik D. S., Chavan M. S., 2017, "Comparative Analysis of Singular Value Decomposition (SVD) and Wavelet Difference Reduction (WDR) based Image Compression", International Journal of Engineering Research and Technology. ISSN 0974-3154 Volume 10, Number 1.
- [12] Sik K. C. Y., Berk C., 2017, "Video Compression Using Recurrent Convolutional Neural Networks", Computer Science bcoker@stanford.edu, Electrical Engineering, cedyue@stanford.edu.

- [13] Swati P., Kumudani S. D., 2017, "An Efficient Image Compression using Singular Value Decomposition with Scale Invariant Feature Transform", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 159 – No 2, February.
- [14] Tekalp A. M., 1995, "Digital Video Processing", University of Rochester, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 07458.
- [15] Tilaye T., 1997, "Digital Video Compression For Software-based Real-time Applications", A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master of Applied Science, Graduate Department of Electrical and Computer Engineering, in the University of Toronto.