دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	نمذجة ومحاكاة إنجازية الشبكات عالية السرعة من أجل تطبيقات الوسائط المتعددة
المؤلف الرئيسي:	قداحة، هبة محمد
مؤلفين آخرين:	البستاني، حسن، عباس، حسن(مشرف)
التاريخ الميلادي:	2008
موقع:	اللاذقية
الصفحات:	1 - 80
رقم MD:	589681
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تشرين
الكلية:	كلية الهندسةالميكانيكيةو الكهربائية
الدولة:	سوريا
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الحاسبات الالكترونية، الشبكات، الوسائط المتعددة، هندسة الاتصالات
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/589681

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي – جامعة تشرين
كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية
قسم هندسة الاتصالات و الإلكترونيات

==========

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في هندسة الاتصالات بعنوان:

نمذجة و محاكاة إنجازية الشبكات عالية السرعة من أجل تطبيقات الوسائط المتعددة

إعداد
هبة محمد قداحة

إشراف
الدكتور المهندس: حسن عباس الدكتور المهندس: حسن البستاني

٢٠٠٨-٢٠٠٧

الفهرس

الصفحة

قائمة بالأشكال ضمن البحث ٥

مقدمة ٧

الفصل الأول مقدمة عن الوسائط المتعددة

١-١-مقدمة ١٠

٢-١-الصوت ١٠

٣-١-الفيديو ١٠

١-٣-١-مجال التمثيل البصري ١١

٢-٣-١-الإرسال ١١

النصوع و التشبع اللوني ١٢

- إشارة RGB ١٢
- إشارة YUV ١٢
- إشارات YIQ ١٢
- الإشارة المركبة ١٢

٣-٣-١-الصياغة الرقمية ١٣

الفصل الثاني معيار JPEG لضغط الصورة

١-٢- مقدمة ١٥

٢-٢- معيار JPEG ١٥

١-٢-٢-تجهيز الصورة ١٦

٢-٢-٢-التحويل التجيبي المتقطع ١٦

٣-٢-٢-التكميم ١٦

٤-٢-٢-تحويل الصورة ثنائية البعد إلى شعاع وحيد البعد ١٧

٥-٢-٢-الترميز ١٨

٦-٢-٢- بناء الإطار ١٩

٣-٢- الصور الملونة ٢٠

٤-٢-تطبيق الدراسة ٢٣

الفصل الثالث مقدمة في الاحتمالات و الإحصاء

١-٣ مقدمة ٢٧

٢-٣- الاحتمال ٢٧

٣-٣- المتغيرات العشوائية ٢٧

٤-٣- تابع التوزيع التراكمي ٢٧

٣-٥- تابع الكثافة الاحتمالي	٢٨
٣-٦- القيمة المتوقعة	٢٨
٣-٧ التشتت	٢٩
٣-٨- الترابط	٢٩
٣-٩- التشتت المشترك	٣٠
٣-١٠- العملية العشوائية	٣٠
٣-١١- التوزيعات الاحتمالية	٣٠
*التوزيع الهندسي	٣٠
*التوزيع البواسوني	٣٠
*التوزيع الأسي	٣١
*توزيع بينوميال	٣١
*التوزيع البرنولي	٣١
الفصل الرابع تحليل الأنساق	
٤-١-مقدمة	٣٣
٤-٢- سلوك الأنساق	٣٣
٤-٣-أنواع الأنساق	٣٥
* النسق M/M/١	٣٥
*النسق M/M/١/B	٣٥
*النسق M/M/J/B	٣٥
٤-٤-عملية Markov	٣٥
٤-٥- نماذج النسق	٣٥
* نسق المخدم الواحد	٣٥
٤-٦-بارامترات النسق	٣٦
* نسق متعدد المخدمات	٣٨
٤-٧- نظام النسق M/M/١	٣٨
٤-٨-تطبيق الدراسة	٣٠
الفصل الخامس Self-Similar	
٥-١- مقدمة	٤٥
٥-٢-Self-Similar	٤٥
٥-٣-خصائص الـــSelf-Similar	٤٦
٥-٤- خاصية المدى الطويل	٤٧
٥-٥- توزيع Heavy-Tailed	٤٧
٥-٦- توزيع Pareto Traffic	٤٨

٥-٧-بارامترات المنبع الدفقي ٤٩
٥-٨-ملخص إحصائيات زمن الوصول المتبادل وفقPareto ٥٠
٥-٩- حركة الاثرنيت ٥١
٥-١٠- تطبيق الدراسة ٥٣
٥-١٠-١-نموذج الـSelf-Similar ٥٣
٥-١٠-٢-دارة الـsubsystem١ ٥٤
٥-١٠-٣-دارة الـsubsystem ٥٥
الفصل السادس مقارنة بين تحليل الأنساق و Self-Similar
٦-١-مقارنة بين تحليل الأنساق و Self-Similar ٥٨
٦-٢-النتائج عند T=١٠ mSec ٦١
٦-٣-النتائج عند T=١٠٠ mSec ٦٤
٦-٤-النتائج عند T=١٠٠٠ mSec ٦٧
٦-٥-النتائج و التوصيات ٧٠
ملحق A ٧١
ملحق B ٧٥
ملحق C ٧٦
الاختصارات ٧٧
المراجع ٧٨

قائمة بالأشكال ضمن البحث

الشكل	الصفحة
الشكل(١-١) عرض حزمة نظامNTSC	١١
الشكل(١-٢)خوارزمية ضغط الصورة	١٥
الشكل(٢-٢) طريقة الـــZigZag	١٧
الشكل(٣-٢) ترميز القيم المستمرة	١٨
الشكل(٤-٢) بناء الإطار	٢٠
الشكل(٥-٢) مراحل تشكل الرزمة	٢٥
الشكل(١-٤)نسق المخدم الواحد	٣٦
الشكل(٢-٤) مثال حول عملية النسق	٣٧
الشكل(٣-٤) نسق متعدد المخدمات	٣٨
الشكل (٤-٤) نموذج تحليل الأنساق	٤٠
الشكل (٥-٤) زمن الانتظار عند معدل وصول ٠,٥	٤١
الشكل(٦-٤) محتوى النسق عند معدل وصول ٠,٥	٤٢
الشكل (٧-٤) زمن الانتظار عند معدل وصول ٠,٧	٤٢
الشكل(٨-٤) محتوى النسق عند معدل وصول ٠,٧	٤٣
الشكل(١-٥) إشارة الـــSelf-Similar	٤٦
الشكل(٢-٥) نتائج حركة الاثرنيت	٥١
الشكل(٣-٥) الحركة وفق نموذج بواسون	٥٢
الشكل (٤-٥) نموذج الـSelf-Similar	٥٣
الشكل(٥-٥) دارة الـ١subsystem	٥٤
الشكل (٦-٥) دارة الـsubsystem	٥٥
الشكل(٧-٥) إشارة الـــSelf-Similar المولدة	٥٥
الشكل(٨-٥) طريقة إدخال إشارة الـــSelf-Similar إلى النموذج	٥٦
الشكل(١-٦) توزيع بواسون	٥٨
الشكل(٢-٦) توزيع Pareto	٥٨
الشكل(٣-٦) نموذج تحليل الأنساق	٥٩
الشكل(٤-٦) نموذج Self-Similar	٦٠
الشكل(٥-٦) عدد الرزم المغادرة في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠mSec	٦١
الشكل(٦-٦) عدد الرزم المغادرة في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠mSec	٦١
الشكل(٧-٦) عدد الرزم المنتظرة ضمن النسق في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠mSec	٦٢

الشكل(٦-٨) عدد الرزم المنتظرة ضمن النسق في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠mSec ٦٢
الشكل(٦-٩) زمن انتظار الرزمة في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠mSec ٦٣
الشكل(٦-١٠) زمن انتظار الرزمة في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠mSec ٦٣
الشكل(٦-١١) عدد الرزم المغادرة في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠٠mSec ٦٤
الشكل(٦-١٢) عدد الرزم المغادرة في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠٠mSec ٦٤
الشكل(٦-١٣) عدد الرزم المنتظرة ضمن النسق في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠٠mSec ٦٥
الشكل(٦-١٤) عدد الرزم المنتظرة ضمن النسق في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠٠mSec ٦٥
الشكل(٦-١٥) زمن انتظار الرزمة في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠٠mSec ٦٦
الشكل(٦-١٦) زمن انتظار الرزمة في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠٠mSec ٦٦
الشكل(٦-١٧) عدد الرزم المغادرة في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠٠٠mSec ٦٧
الشكل(٦-١٨) عدد الرزم المغادرة في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠٠٠mSec ٦٧
الشكل(٦-١٩) عدد الرزم المنتظرة ضمن النسق في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠٠٠mSec ٦٨
الشكل(٦-٢٠) عدد الرزم المنتظرة ضمن النسق في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠٠٠mSec ٦٨
الشكل(٦-٢١) زمن انتظار الرزمة في نموذج تحليل الأنساق عند T=١٠٠٠mSec ٦٩
الشكل(٦-٢٢) زمن انتظار الرزمة في نموذج الـSelf-Similar عند T=١٠٠٠mSec ٦٩
الشكل (٦-٢٣) JPEG٢٠٠٠ ٧٠

مقدمة

إن أي نظام مؤلف من مجموعة عناصر تتفاعل مع بعضها البعض لتؤدي وظيفة معينة، و تقسم الأنظمة إلى نوعين[١٤،١]:

١- أنظمة متقطعة (Discrete Systems) : و هي الأنظمة التي تتغير عناصرها عند نقاط منفصلة من الزمن.

٢- أنظمة مستمرة (Continuous Systems) : و هي الأنظمة التي تتغير عناصرها بشكل مستمر مع الزمن.

آلية دراسة النظام تتم وفق النمذجة و المحاكاة:

النمذجة (modeling): هي عملية إيجاد نموذج رياضي لنظام فيزيائي، حيث يمكن استخدام الطرق الرياضية كنظرية الاحتمالات، أو رياضيات التكامل والتفاضل أو الجبر أو طرق تعتمد على مفهوم Graph Theory.

يمكن استخدام النمذجة لدراسة الأنظمة قبل بناء النظام فيزيائياً، أي في مرحلة التصميم، وهكذا فإن النموذج يمكن أن يستخدم كأداة تحليل من أجل التنبؤ بتأثير التغيرات على الأنظمة الموجودة وأداة تصميم للتنبؤ بأداء الأنظمة الجديدة عند مجموعة مختلفة من الظروف.

المحاكاة (Simulation) : هي عملية تقييم للنموذج الرياضي بواسطة الحاسب، و دراسة خصائص النظام و مدى مطابقتها للنظام الفيزيائي.

إذا كانت العلاقات المكونة لنموذج النظام المدروس بسيطة إلى حد كبير، فإنه من الممكن استخدام الطرق الرياضية للحصول على معلومات حول أداء هذا النظام، لكن معظم الأنظمة الحقيقية تكون معقدة لدرجة كبيرة بحيث يكون من الصعب تحليل و دراسة أدائها بالطرق الرياضية، لذلك يكون من الأفضل تصميم نموذج و محاكاته بواسطة الحاسب.

يتضمن البحث دراسة كيفية إيجاد نموذج رياضي لترميز الصور حسب معيار JPEG (Joint Photographic Experts Group) و إرسالها عبر شبكة الحاسب، و من ثم محاكاة هذا النموذج باستخدام الحاسب، وذلك باستخدام اللغة البرمجية Matlab .

في هذا النموذج يمكن أن تجمع المعطيات كما لو أن النظام الحقيقي هو الذي يراقب، وتستخدم هذه المعطيات لتقييم قياسات أداء النظام، كما تتم محاكاة حركة المعطيات ضمن الشبكة باستخدام مفهوم الأنساق Queuing Modeling و مفهوم Self-similar و المقارنة بينهما.

تم التوصل من خلال البحث إلى إيجاد نموذج يحاكي الواقع و يسهل عملية دراسة الشبكة. يعتمد البحث على منهج تجريبي رياضي برمجي، و ذلك من خلال دراسة المراحل الأساسية التي يجب أن تطبق على أي صورة لتحويلها إلى معطيات رقمية، وإيجاد النموذج الرياضي لها، و برمجته باستخدام اللغة البرمجية Matlab قبل إرسالها ضمن شبكة الحاسب، ثم بناء نموذج للشبكة باستخدام الأنساق و مفهوم الـSelf-Similar لنقل هذه الصورة، و دراسة إنجازية الشبكة من خلال هذا النموذج.

يعتبر هذا البحث بحث تجريبي أكاديمي، يعتمد على إيجاد نموذج لإنجازية شبكة يعطي نتائج قريبة من النتائج التي يعطيها نظام حقيقي لنظام يقوم بترميز و نقل الصورة عبر شبكة الحاسب.

ستتم الدراسة وفقاً لما يلي:

الفصل الأول: مدخل بسيط إلى شبكات الوسائط المتعددة.

يتم فيه تقديم شرح حول شبكات الوسائط المتعددة، و كيفية تشكيل الإشارة الملونة و إشارة الأبيض و الأسود.

الفصل الثاني:خوارزمية ضغط الصورة.

يتم فيه شرح مراحل تحويل الصورة إلى قيم رقمية ليتم إرسالها عبر شبكة الحاسب.

الفصل الثالث: مقدمة في الاحتمالات و الإحصاء

يتم فيه شرح موجز للعلاقات الاحتمالية و الإحصائية المستخدمة في الفصلين الرابع و الخامس.

الفصل الرابع: تحليل الأنساق (Queuing Analysis) .

يتم فيه شرح مفهوم الأنساق و إيجاد النموذج الموافق له مع برامتراته.

الفصل الخامس: Self-Similar .

يتم فيه شرح مفهوم الـــSelf-Similar و إيجاد النموذج الموافق له مع برامتراته.

الفصل السادس: الخاتمة.

يتم فيها المقارنة بين تحليل الأنساق و الـــSelf-Similar .

الفصل الأول
مقدمة عن الوسائط المتعددة

١ – ١ –مقدمة

نظام الوسائط المتعددة مكون من عدة وسائط مختلفة كالنص و الصورة و الصوت [٤،٥،٧،١٧] بحيث:

١– النص و الصورة هي مستقلة عن الزمن ، و المعلومات في هذا النوع تتألف حصرياً من سلسلة عناصر مفردة أو مستمرة بدون مركبات زمنية، يسمى هذا النوع منفصل زمنياً (Time independence) .

٢– الصوت و الحركة الكاملة (فيديو) تتغير عبر الزمن، حيث أن المعلومات لا يعبر عنها فقط عبر قيمها الفردية لكن أيضاً عبر زمن حدوثها، أي أن الإشارة تتغير عبر الزمن، يسمى هذا النوع متصل زمنياً (Time dependence).

و بناء على ذلك فإنه لا يمكن الحديث عن وسائط متعددة إلا إذا استعمل كلاً من الوسائط المستمرة و المتقطعة مع بعضها.

١ – ٢ –الصوت :

الموجة الصوتية هي عبارة عن موجة سمعية وحيدة البعد، و تحول بواسطة الميكرفون إلى إشارة كهربائية يكون مطال الجهد فيها تابع للزمن، و يمكن اعتبار القسم الأعظمي من دراسة أنظمة الوسائط المتعددة عبارة عن دراسة تمثيل و معالجة و تخزين و نقل هذه الإشارة الصوتية .

تنحصر الترددات التي تسمعها الأذن البشرية في مجال ٢٠ Hz و ٢٠ kHz ، ويتراوح مجال الكلام الإنساني بين ٢٠Hz – ٣,٤ KHz.

تعتبر الأذن حساسة لتغيرات صوتية لفترة زمنية قصيرة تصل لبضعة ميلي ثانية، و على العكس من ذلك فإن العين لا تلاحظ التغير في الصورة الذي يدوم لبضعة ميلي ثانية و كنتيجة لذلك فإن تغيير مفاجئ لبضعة ميلي ثانية أثناء عملية نقل وسائط متعددة تؤثر فقط على نوعية الصوت دون التأثير على جودة الصورة .

يمكن تحويل الموجات الصوتية إلى شكل رقمي باستخدام مبدلات الإشارة ADC . هناك نظامين معروفين يستخدمان تقطيع الصوت هما الهاتف و الأقراص الصوتية المضغوطة ، حيث نستخدم في نظام الهاتف التعديل النبضي المرمز PCM باستخدام طول ٧ أو ٨ bits لكل عينة بمعدل تقطيع ٨٠٠٠ عينة في الثانية، و هذا يعطي معدل معلومات ٥٦Kbps أو ٦٤Kbps .

الأقراص المضغوطة الصوتية الرقمية تكون بمعدل القطيع ٤٤١٠٠ عينة في الثانية، و هي كافية لالتقاط ترددات حتى ٢٢٠٥٠Hz و تمثل العينة بـ ١٦ خانة و بذلك يحتاج عرض حزمة ٧٠٥,٦Kbps .

١ – ٣ –الفيديو :

تتميز العين البشرية بأن الشبكية تحتفظ بالصورة المنعكسة عليها لبضعة ميلي ثانية قبل أن تتلاشى، فإذا كان انعكاس الصورة يتم بسرعة أكبر من ٢٥ صورة في الثانية، فإن الناظر لا يشعر بأنه ينظر إلى صور مستقلة و إنما صورة واحدة متحركة و كل أنظمة الفيديو و التلفزيون تستخدم هذه الخاصية لإنجاز الصور المتحركة و الأفلام.

إن تمثيل إشارة الفيديو يتضمن ثلاثة أوجه:

١–التمثيل المرئي (visual representation)

٢– الإرسال (transmission)

٣- الصياغة الرقمية (digitalization)

١-٣-١-مجال التمثيل المرئي:

يقصد بالتمثيل (representation) كيفية تمثيل الكومبيوتر للمعلومة، أو كيف يرمزها داخل الكومبيوتر فمثلاً يرمز النص باستخدام نظام الـ ASCII و الصوت يرمز باستخدام نظام PCM مع تكميم خطي ١٦ bit لكل عينة .

مجال التمثيل النظري هو الورق و الشاشة بينما مجال التمثيل السمعي هو الستريو.

كل مجال تمثيل يتألف من أكثر من بعد، و يمكن أن يكون الزمن داخل أي مجال تمثيل كبعد إضافي، كما أنه يملك المعنى الأساسي لنظام الوسائط المتعددة .

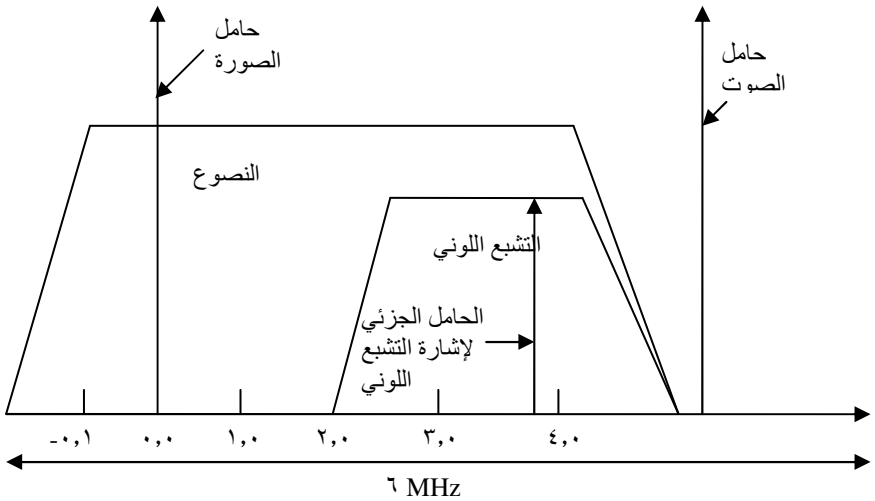
إن الأبعاد الهندسية لصورة التلفزيون تعتمد على نسبة العرض W إلى الارتفاع H و التي تسمى نسبة الهيئة (Aspect Ratio) وهي تساوي ٤/٣ ، أما مسافة المشاهد D فتحدد بالزاوية المقابلة، و التي تقاس عادة بالنسبة D/H .

أما بالنسبة للتلفزيون عالي الدقة (HDTV) الذي يوفر صور أدق بمضاعفة خطوط المسح فتكون نسبة الهيئة مساوية إلى ١٦/٩ .

٢-٣-١-الإرسال:

ترسل إشارات الفيديو لتستقبل عبر قناة إشارة التلفزيون، حيث يوجد ثلاثة أنظمة للتلفزيون (NTSC, SECAM, PAL) .

الشكل التالي يبين عرض الحزمة المستخدم في نظام الـNTSC .[٥]



الشكل(١-١) عرض حزمة نظامNTSC

- النصوع و التشبع اللوني Luminance and Chrominance :

إن الصيغة اللونية تتركب من ثلاث إشارات تتناسب مع كثافة الضوء الأحمر و الأخضر و الأزرق (RGB). للسماح للبرامج الملونة بأن ترى على التلفزيونات الأبيض–أسود، فإن الأنظمة الثلاثة كلها تركب إشارات RGB في إشارة نصوعيةY "Luminance" و إشارتين ملونتينV , U "Chrominance".

بما أن العين البشرية حساسة لإشارة النصوع أكثر منها لإشارتي اللون، لذلك فإنه من غير الضروري أن ترسل إشارة النصوع بشكل دقيق جداً، لذا يمكن إرسالها على نفس تردد إشارة تلفزيون أبيض–أسود، و بالتالي يمكنه استقبالها، أما الإشارتين اللونيتين فترسلان بحزمة ضيقة و تردد عالي.

يوجد عدة نماذج لترميز اللون :

- **إشارة RGB :**

في حالة ترميز الإشارات المنفصلة يمكن أن يرمز اللون كإشارة RGB و التي تتألف من الألوان: الأحمر، الأخضر، الأزرق .

إن أي لون آخر يتألف من نسب هذه الألوان الرئيسية.

- **إشارة YUV :**

إن الإحساس البشري للإضاءة أكثر من أي معلومة لونية، و من هنا فإن الترميز المناسب يميز بين النصوع و التشبع اللوني ، و هذا يعني أنه بدلاً من الألوان المنفصلة يمكن أن نفصل بين معلومات الإضاءة (النصوعY) و بين معلومات اللون (الإشارات U,V)،و هذه الإشارات تستخدم في نظم PAL , SECAM .

إن الإشارات Y,U,V تعطى بالعلاقات الآتية:[٦]

$$Y=٠,٣٠R+٠,٥٩G+٠,١١B$$
$$U=(B-Y)*٠,٤٩٣ \qquad (١-١)$$
$$V=(R-Y)*٠,٨٧٧$$

إن أي خطأ في إشارة النصوع Y هو أكثر أهمية من الإشارتين (U,V) لذلك فإن قيم النصوع يمكن أن ترمز باستخدام عرض حزمة أعلى من قيم التشبع اللوني.

- **إشارات YIQ:**

تعطى بالعلاقات التالية :[٤]

$$Y=٠,٣٠R+٠,٥٩G+٠,١١B$$
$$I=٠,٦٠R-٠,٢٨G-٠,٣٢B \qquad (١-٢)$$
$$Q=٠,٢١R-٠,٥٢G+٠,٣١B$$

تستخدم هذه الإشارات في نظام الـNTSC .

- **الإشارة المركبة:**

في هذه الإشارة تدمج المركبات المفردة (RGB، YUV أو YIQ) في إشارة واحدة .

٣-٣-١-الصياغة الرقمية :

قبل معالجة الصورة و إرسالها عبر شبكة الحاسب يجب أن ترمز و تحول من الشكل التمثيلي إلى الشكل الرقمي.

إن أي صورة هي عبارة عن مجموعة من النقاط تكون ضمن مصفوفة ذات أبعاد M×N ، إن قيمة هذه النقاط يمكن أن تأخذ أي قيمة ضمن مجال مستمر.

تتألف عملية الصياغة الرقمية من : عملية أخذ عينات من مستوى اللون الرمادي أو الألوان المكونة لنقاط الصورة ،و من ثم تكميم هذه العينات ،أي يقسم المجال المستمر الذي يمكن أن تقع ضمنه قيم نقاط الصورة إلى عدد محدد من المستويات بحيث تصبح قيم العينات محصورة بقيم هذه المستويات فقط.

إن نتيجة أخذ العينات و تكميمها هي الصورة الرقمية ، و التي تكون نقاطها قيم صحيحة تمثل الـpixels.

الفصل الثاني

معيار JPEG لضغط الصورة

٢-١-مقدمة:

إن الضغط هو عملية تحويل لصيغة المعطيات (ترميز) لتحتوي على عدد أقل من البيت، مما يعطي إمكانية تخزين و إرسال معطيات أكبر.

الضغط بدون أي خسارة(Lossless Compression) يسمح باستعادة كامل الإشارة الأصلية، و هذا النوع عادة يستخدم من أجل النصوص أو الملفات التنفيذية، حيث يكون ضياع المعلومات شيء أساسي، بينما استخدام الضغط مع وجود خسارة(Lossy Compression) لا يسمح باستعادة الإشارة الأصلية بشكل دقيق، و لكن يمكن استخدامه من أجل المعطيات التي لا تكون حساسة جداً لفقد بعض المعطيات مثل الصورة، الفيديو، الصوت.

الضغط مع وجود خسارة يسمح بمعدل ضغط أكبر من الضغط بدون خسارة.

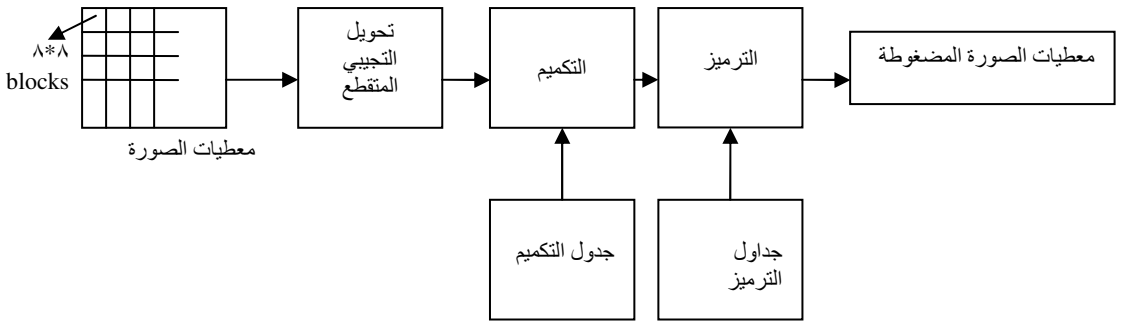
٢-٢-JPEG Standard (Joint Photographic Experts Group):

إن الهدف من هذا المعيار هو دعم التطبيقات المتنوعة لضغط الصور الساكنة الملونة و صور الأبيض و الأسود.

عملية الترميز وفقاً لمعيار الـJPEG تتم وفق المراحل الآتية:

- تجهيز الصورة.
- تطبيق التحويل التجيبي المتقطع(DCT) .
- التكميم.
- تشكيل الترتيب ZigZag .
- الترميز.
- بناء الإطار.

خوارزمية ضغط الصورة موضحة من خلال المخطط الصندوقي التالي[١٧،١٥،٧،٦،٥،٤]:



الشكل(١-٢)خوارزمية ضغط الصورة

١-٢-٢-تجهيز الصورة :

كل صورة تمثل بمصفوفة M×N pixels . إن قيمة كل pixel يمكن أن تكون ضمن المجال ٠ و٢٥٥ ،حيث أن كل pixel يعبر عنه بـــbits ٨ مما يسمح بتمثيل ٢٥٦ مستوى تدريج رمادي.

يعبر عن اللون الأسود بـــ ٠٠٠٠٠٠٠٠ أي(٠) .

بينما يعبر عن اللون الأبيض١١١١١١١١ أي (٢٥٥) .

إن عملية تجهيز الصورة تكون بتقسيم المصفوفة M×N pixels إلى مصفوفات جزئية كل مصفوفة يعبر عنها بـــblock و تكون مكونة من ٨*٨ pixel .

٢-٢-٢-التحويل التجيبي المتقطع Discrete Cosine Transform (DCT) :

إن هذه العملية لا تؤمن أي ضغط للصورة، و لكن تضع معلومات الصورة بشكل أكثر ملاءمة للضغط.

يتم تطبيق التحويل DCT على كل block و ذلك حسب المعادلات الآتية[٥،٨،٩] :

$$F(u,v)=\frac{C(u)C(v)}{4}\sum_{i=0}^{7}\sum_{j=0}^{7}\cos\frac{(2i+1)u\pi}{16}\cos\frac{(2j+1)v\pi}{16}f(i,j) \qquad (٢\text{-}١)$$

حيث أن :

f : المصفوفة الجزئية ، و التي أبعادها ٨*٨ .

F : المصفوفة الناتجة عن تطبيق التحويل DCT على المصفوفة f .

f (i ,j) : هو العنصر الموجود في السطر i و العمود j .

F(u,v) : هو العنصر الموجود في السطر u و العمود v .

I, j, u, v = ٠،١,. . .٧

C(u) , C(v) : ثوابت تأخذ القيم الآتية:

$C(u),C(v)=1/\sqrt{2}$ For u, v =٠ ;

$C(u),C(v)=1$ For u, v≠ ٠ ;

٣-٢-٢-التكميم :

إن الهدف من التكميم هو تحقيق ضغط إضافي، حيث أن التكميم بشكل نموذجي ينتج عنه عدد كبير من العناصر التي يكون لها قيمة صفرية، و هذا يؤمن معدل ضغط عالي.

يتم الحصول على القيم المكممة F^Q عن طريق إيجاد أقرب عدد صحيح لناتج قسمة كل عدد من المصفوفة F على القيمة المقابلة من مصفوفة التكميم Q ، أي حسب العلاقة[٥،٨،٩] :

$$F^Q(u,v)=IntegerRound\left(\frac{F(u,v)}{Q(u,v)}\right) \qquad (٢\text{-}٢)$$

يمكن أن يكون الضغط عالي أو منخفض و ذلك تبعاً لجدول التكميم المستخدم، و الشكل الآتي يبين مثال عــن جدول تكميم يستخدم لضغط منخفض و جدول تكميم يستخدم لضغط عالي:

جدول التكميم لضغط منخفض

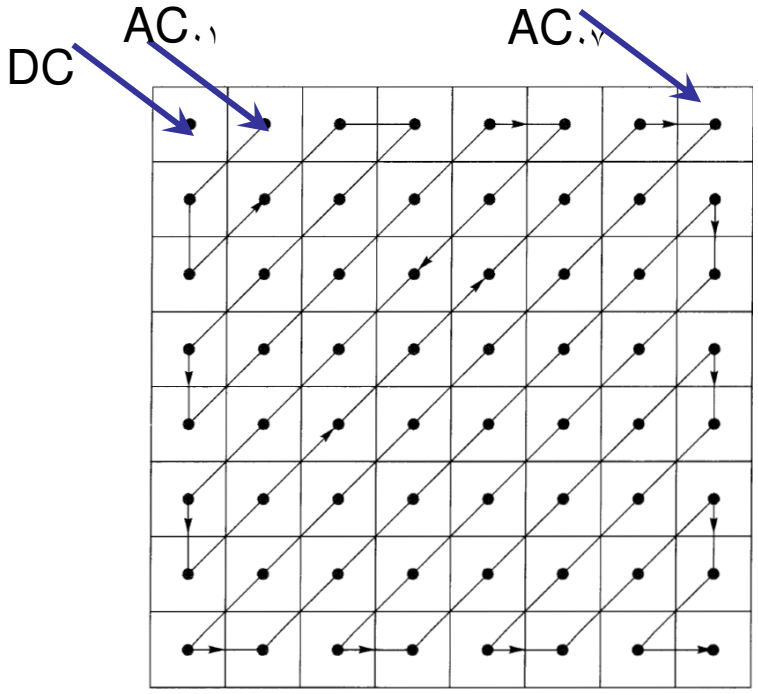
١	١	١	١	١	٢	٢	٤
١	١	١	١	١	٢	٢	٤
١	١	١	١	٢	٢	٢	٤
١	١	١	١	٢	٢	٤	٨
١	١	٢	٢	٢	٢	٤	٨
٢	٢	٢	٢	٢	٤	٨	٨
٢	٢	٤	٤	٨	٨	١٦	١٦
٤	٤	٤	٤	٨	٨	١٦	١٦

جدول التكميم لضغط عالي

١	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨
٢	٤	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨
٤	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	١٢٨
٨	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	١٢٨	٢٥٦
١٦	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	١٢٨	٢٥٦	٢٥٦
٣٢	٣٢	٦٤	١٢٨	١٢٨	٢٥٦	٢٥٦	٢٥٦
٦٤	٦٤	١٢٨	١٢٨	٢٥٦	٢٥٦	٢٥٦	٢٥٦
١٢٨	١٢٨	١٢٨	٢٥٦	٢٥٦	٢٥٦	٢٥٦	٢٥٦

٤-٢-٢-تحويل الصورة ثنائية البعد إلى شعاع وحيد البعد:

يتم تحويل الصورة ثنائية البعد إلى شعاع وحيد البعد عن طريق قراءة كل مصفوفة جزئية بطريقة ZigZag و ذلك كما هو مبين بالشكل:



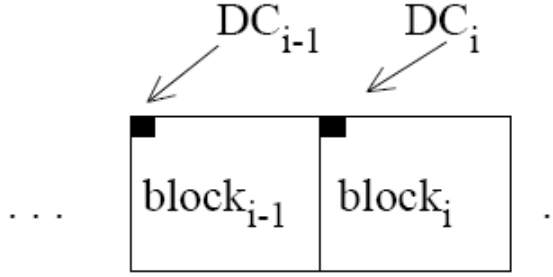
الشكل(٢-٢) طريقة قراءة الــZigZag

و بالتالي فإن كل block يتحول إلى مصفوفة سطرية مؤلفة من ٦٤ عنصر، حيث يمثل العنصر الأول من كل مصفوفة سطرية القيم المستمرة (DC coefficients) ، بينما تمثل بقية العناصر القيم المتناوبة (AC coefficients)

٥-٢-٢-الترميز:

إن الترميز المستخدم في معيار الـJPEG هو ترميز Huffman ،و ذلك كما يلي[٦،٧،١٦]:

يتم ترميز القيم المستمرة(DC coefficients) عن طريق الترميز التفاضلي، حيث يتم حساب الفرق بين القيم المستمرة و البحث ضمن الجدول ١ Table للرمز الموافق لهذا الفرق.



$$DIFF = DC_i - DC_{i-1}$$

الشكل(٣-٢) ترميز القيم المستمرة

Table ١ يبين ترميز فروق القيم المستمرة

الرمز	الفروق										الفئة
٠										٠	٠:
١٠									١	-١	١:
١١٠								٣	٢	-٢	-٣	٢:
١١١٠							٧	٦	٥	٤	-٥	-٦	-٧	٣:
١١١١٠	١٥	...	١٠	٩	٨	-٨	-٩		-١٤	-١٥	٤:
١١١١١٠	٣١	...	١٧	١٦	-١٦	-١٧	...	-٢٩	-٣٠	-٣١	٥:
١١١١١١٠	٦٣	...	٣٣	٣٢	-٣٢	-٣٣	...	-٦١	-٦٢	-٦٣	٦:
١١١١١١١٠	١٢٧	...	٦٥	٦٤	-٦٤	-٦٥	...	-١٢٥	-١٢٦	-١٢٧	٧:

٠ ٠											
١٤:	-١٦٣٨٣	-١٦٣٨٢	-١٦٣٨١	...	-٨١٩٣	-٨١٩٢	٨١٩٢	٨١٩٣	...	١٦٣٨٣	١١١١١١١١١١١١١٠
١٥:	-٣٢٧٦٧	-٣٢٧٦٦	-٣٢٧٦٥	...	- ١٦٣٨٥	- ١٦٣٨٤	١٦٣٨٤	١٦٣٨٥	...	٣٢٧٦٧	١١١١١١١١١١١١١١ ٠
١٦:	٣٢٧٦٨										١١١١١١١١١١١١١١ ١

بما أنه ينتج عن عملية التكميم عدد كبير من القيم الصفرية فإنه يمكن استخدام ترميز Run-Length Coding(RLC) ،و ذلك كما يلي:

١-نضع القيم المتناوبة ضمن ثنائيات (z,x)

x : القيمة المتناوبة التي لها قيمة لا تساوي الصفر .

z : عدد القيم الصفرية التي تسبق العدد x .

٢-نبحث عن مكان وجود العددx ضمن الجدول ١ Table و نشكل الزوج (R, C) .

حيث إن :

R : رقم السطر للعدد x .

C : رقم العمود.

٣- نبحث ضمن الجدول ٢ Table عن الرمز الذي موجود في السطر z و العمود R .

يستخدم الزوج (٠, ٠) للدلالة على نهاية القيم و يكون لها ترميز خاص هو "١٠١٠" .

مثال:

بفرض كانت لدينا القيم التالية و التي تعبر عن قيم أول مصفوفة جزئية :

٨, ١٠, ٠, ٠, ٣, ..., ٠ ٠ ٠

تكون القيمة المستمرة مساوية إلى ٨ بينما بقية القيم هي قيم متناوبة.

لترميز القيمة المستمرة نبحث ضمن Table١ فنجد أن ترميزها موافق لـ١١١١٠ .

و إذا كانت قيم المصفوفة الجزئية الثانية تبدأ بالقيمة المستمر ٣ على سبيل المثال،فإنه لترميزها نقوم بترميز الفرق أي ٣-٨ أي نرمز القيمة ٥، و بالتالي يكون الترميز حسب Table١ هو ١١١٠.

ملاحظة:

في حال كانت قيمة الفرق سالبة يكون الترميز هو متمم رمز القيمة، أي ترميز ٥- هو ٠٠٠١ .

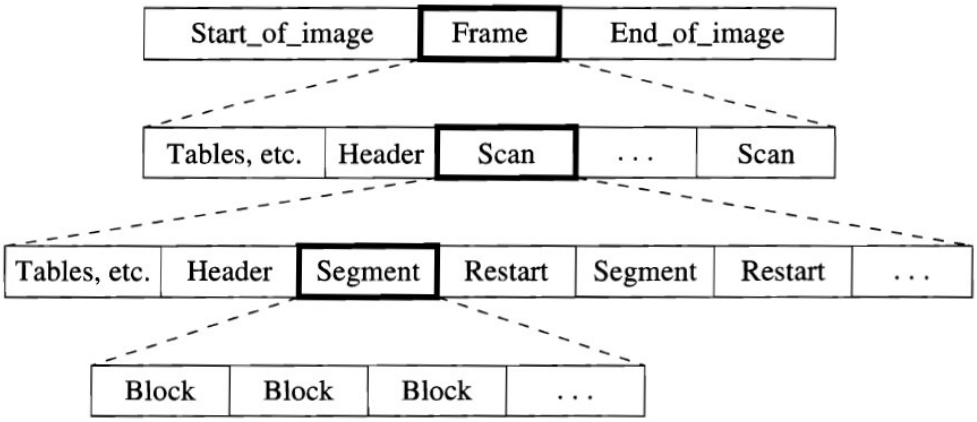
لترميز القيم المتناوبة نوجد أولاً عدد الأصفار z التي تسبق كل قيمة متناوبة x غير مساوية للصفر و نشكل الأزواج (z,x) ، وبناء عليه تكون الأزواج في المثال السابق على الشكل التالي:

(٠, ٠) (٢, ٣) (٠, ١٠)

لترميز الزوج (٣ ,٢) مثلاً نبحث عن مكان وجود العدد ٣ ضمن Table١ فنحصل على R=٢ و C=٣ ، ثم نبحث ضمن Table ٢ عن الرمز الذي يوجد في السطر z=٢ و العمود R=٢ فيكون الرمز موافق لـ١١١١١٠٠١ .

٦-٢-٢-بناء الإطار:

بتكرار العمليات السابقة على جميع الـ blocks المكونة للصورة يتشكل لدينا سلسلة إطارات Frame٢,.....Frame٦٤ ليتشكل في النهاية الإطار الكامل الذي يعبر عن ترميز الصورة الكلية. هذه العمليات تتم ضمن طبقة التطبيقات (Application Layer) كما هو مبين بالشكل الآتي:



الشكل(٤-٢) بناء الإطار

Frame : هو الصورة الكاملة.

Scan : هو المرور عبر الـPixels .

Segment : هو مجموعة الـblocks و التي يتألف كل منها من pixels ٨*٨ .

عند كل مرحلة تتم إضافة Header خاصة تحتوي على المعلومات ،مثلاً الـHeader الخاص بالـFrame يتضمن معلومات حول عدد الـbits لكل pixel ،و عرض الصورة و ارتفاعها.في حين يتضمن الـHeader الخاص ب الـScan معلومات عن عدد العناصر في كل مرور،و جداول الترميز المستخدمة.

٣-٢-الصور الملونة:

أما في حال كانت الصورة ملونة وليست عبارة عن تدرج رمادي، تحول الإشارة RGB إلى الإشارة YUVوذلك في نظام PAL و نظام SECAM ،حيث يتم التحويل عن طريق المعادلات الآتية :

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.29900 & 0.58700 & 0.11400 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.50000 \\ 0.50000 & -0.41869 & -0.08131 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \qquad (٢-٣)$$

نتيجة هذه المعادلة يمكن أن ينتج لدينا قيم سالبة لـU و V بينما Y تبقى دائماً ذات قيم موجبة، و لكي تمثل قيم U و V باستخدام قيم صحيحة كل منها bits ٨ ، نقوم بإزاحة هذه القيم بمقدار ١٢٨ لتقع كل القيم ضمن المجال [٠ , ٢٥٥] ، و بالتالي تصبح المعادلة السابقة بالشكل الآتي:

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.29900 & 0.58700 & 0.11400 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.50000 \\ 0.50000 & -0.41869 & -0.08131 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 180 \\ 180 \end{pmatrix} \qquad (٢-٤)$$

يتم تطبيق خوارزمية الضغط السابقة على كل مركبة بشكل مستقل، و لكن آخذين بعين الاعتبار وجود مصفوفة تكميم خاصة بإشارة النصوع Y (Luminance)، و مصفوفة تكميم خاصة بإشارتي التشبع اللوني U,V (Chrominance) .

كما أنه عند الترميز يكون لدينا جدول ترميز خاص بإشارة النصوع Y (Table ٢) ، و جدول ترميز خاص بإشارتي التشبع اللوني U,V (Table ٣) .

Table ٢ يبين ترميز القيم المتناوبة لإشارة النصوع Y

Z \ R	1 6	2 7	3 8	4 9	5 A
0	00 1111000	01 11111000	100 1111110110	1011 1111111110000010	11010 1111111110000011
1	1100 1111111110000100	11011 1111111110000101	11110001 1111111110000110	111110110 1111111110000111	11111110110 1111111110001000
2	11100 111111110001010	11111001 111111110001011	1111110111 111111110001100	111111110100 111111110001101	111111110001001 111111110001110
3	111010 1111111110010001	111110111 1111111110010010	111111110101 1111111110010011	1111111110001111 1111111110010100	1111111110010000 1111111110010101
4	111011 1111111110011001	1111111000 1111111110011010	1111111110010110 1111111110011011	1111111110010111 1111111110011100	1111111110011000 1111111110011101
5	1111010 1111111110100001	11111110111 1111111110100010	1111111110011110 1111111110100011	1111111110011111 1111111110100100	1111111110100000 1111111110100101
6	1111011 1111111110101001	111111110110 1111111110101010	1111111110100110 1111111110101011	1111111110100111 1111111110101100	1111111110101000 1111111110101101
7	11111010 1111111110110001	111111110111 1111111110110010	1111111110101110 1111111110110011	1111111110101111 1111111110110100	1111111110110000 1111111110110101
8	111111000 1111111110111001	111111111000000 1111111110111010	1111111110110110 1111111110111011	1111111110110111 1111111110111100	1111111110111000 1111111110111101
9	111111001 1111111111000010	1111111110111110 1111111111000011	1111111110111111 1111111111000100	1111111111000000 1111111111000101	1111111111000001 1111111111000110
A	111111010 1111111111001011	1111111111000111 1111111111001100	1111111111001000 1111111111001101	1111111111001001 1111111111001110	1111111111001010 1111111111001111
B	1111111001 1111111111010100	1111111111010000 1111111111010101	1111111111010001 1111111111010110	1111111111010010 1111111111010111	1111111111010011 1111111111011000
C	1111111010 1111111111011101	1111111111011001 1111111111011110	1111111111011010 1111111111011111	1111111111011011 1111111111100000	1111111111011100 1111111111100001
D	11111111000 1111111111100110	1111111111100010 1111111111100111	1111111111100011 1111111111101000	1111111111100100 1111111111101001	1111111111100101 1111111111101010
E	1111111111101011 1111111111110000	1111111111101100 1111111111110001	1111111111101101 1111111111110010	1111111111101110 1111111111110011	1111111111101111 1111111111110100
F	11111111001 1111111111111001	1111111111110101 1111111111111010	1111111111110110 1111111111111011	1111111111110111 1111111111111101	1111111111111000 1111111111111110

Table ٣ يبين ترميز القيم المتناوبة لإشارتي التشبع اللوني U , V

	R				
Z	١ ٦	٢ ٧	٣ ٨	٤ ٩	٥ A
٠	٠١ ١١١٠٠٠	١٠٠ ١١١١٠٠٠	١٠١٠ ١١١١١٠١٠٠	١١٠٠٠ ١١١١١١٠١١٠	١١٠٠١ ١١١١١١١١٠١٠٠
١	١٠١١ ١١١١١١١١٠١٠١	١١١٠٠١ ١١١١١١١١٠٠٠١٠٠٠	١١١١٠١١٠ ١١١١١١١١٠٠٠١٠٠١	١١١١١٠١٠١ ١١١١١١١١٠٠٠١٠١٠	١١١١١١١١٠١١٠ ١١١١١١١١٠٠٠١٠١١
٢	١١٠١٠ ١١١١١١١١١٠٠٠١١٠٠	١١١١٠١١ ١١١١١١١١١٠٠٠١١٠١	١١١١١١٠١١١ ١١١١١١١١١٠٠٠١١١٠	١١١١١١١١٠١١٠ ١١١١١١١١١٠٠٠١١١١	١١١١١١١١١٠٠٠١٠ ١١١١١١١١١٠٠١٠٠٠
٣	١١٠١١ ١١١١١١١١١٠٠١٠٠١٠	١١١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١٠٠١٠٠١١	١١١١١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١٠٠١٠١٠٠	١١١١١١١١٠١١١ ١١١١١١١١١٠٠١٠١٠١	١١١١١١١١١٠٠١٠٠١ ١١١١١١١١١٠٠١٠١١٠
٤	١١١٠١٠ ١١١١١١١١١٠٠١١٠١٠	١١١١١٠١١٠ ١١١١١١١١١٠٠١١٠١١	١١١١١١١١١٠٠١٠١١١ ١١١١١١١١١٠٠١١١٠٠	١١١١١١١١١٠٠١١٠٠٠ ١١١١١١١١١٠٠١١١٠١	١١١١١١١١١٠٠١١٠٠١ ١١١١١١١١١٠٠١١١١٠
٥	١١١٠١١ ١١١١١١١١١٠١٠٠٠١٠	١١١١١١١٠٠١ ١١١١١١١١١٠١٠٠٠١١	١١١١١١١١١٠٠١١١١١ ١١١١١١١١١٠١٠٠١٠٠	١١١١١١١١١٠١٠٠٠٠ ١١١١١١١١١٠١٠٠١٠١	١١١١١١١١١٠١٠٠٠١ ١١١١١١١١١٠١٠٠١١٠
٦	١١١١٠٠١ ١١١١١١١١١٠١٠١٠١٠	١١١١١١١٠١١١ ١١١١١١١١١٠١٠١٠١١	١١١١١١١١١٠١٠٠١١١ ١١١١١١١١١٠١٠١١٠٠	١١١١١١١١١٠١٠١٠٠٠ ١١١١١١١١١٠١٠١١٠١	١١١١١١١١١٠١٠١٠٠١ ١١١١١١١١١٠١٠١١١٠
٧	١١١١٠١٠ ١١١١١١١١١٠١١٠٠١٠	١١١١١١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١٠١١٠٠١١	١١١١١١١١١٠١٠١١١١ ١١١١١١١١١٠١١٠١٠٠	١١١١١١١١١٠١١٠٠٠٠ ١١١١١١١١١٠١١٠١٠١	١١١١١١١١١٠١١٠٠٠١ ١١١١١١١١١٠١١٠١١٠
٨	١١١١١٠٠١ ١١١١١١١١١٠١١١٠١١	١١١١١١١١١٠١١٠١١١ ١١١١١١١١١٠١١١١٠٠	١١١١١١١١١٠١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١٠١١١١٠١	١١١١١١١١١٠١١١٠٠١ ١١١١١١١١١٠١١١١١٠	١١١١١١١١١٠١١١٠١٠ ١١١١١١١١١٠١١١١١١
٩	١١١١١٠١١١ ١١١١١١١١١١٠٠٠١٠٠	١١١١١١١١١١٠٠٠٠٠ ١١١١١١١١١١٠٠٠١٠١	١١١١١١١١١١٠٠٠٠١ ١١١١١١١١١١٠٠٠١١٠	١١١١١١١١١١٠٠٠٠١٠ ١١١١١١١١١١٠٠٠١١١	١١١١١١١١١١٠٠٠٠١١ ١١١١١١١١١١٠٠١٠٠٠
A	١١١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١١٠٠١١٠١	١١١١١١١١١١٠٠١٠٠١ ١١١١١١١١١١٠٠١١١٠	١١١١١١١١١١٠٠١٠١٠ ١١١١١١١١١١٠٠١١١١	١١١١١١١١١١٠٠١٠١١ ١١١١١١١١١١٠١٠٠٠٠	١١١١١١١١١١٠٠١١٠٠ ١١١١١١١١١١٠١٠٠٠١
B	١١١١١١٠٠١ ١١١١١١١١١١٠١٠١٠	١١١١١١١١١١٠١٠٠١٠ ١١١١١١١١١١٠١٠١١١	١١١١١١١١١١٠١٠٠١١ ١١١١١١١١١١٠١١٠٠٠	١١١١١١١١١١٠١٠١٠٠ ١١١١١١١١١١٠١١٠٠١	١١١١١١١١١١٠١٠١٠١ ١١١١١١١١١١٠١١٠١٠
C	١١١١١١٠١٠ ١١١١١١١١١١٠١١١١١	١١١١١١١١١١٠١١٠١١ ١١١١١١١١١١١٠٠٠٠	١١١١١١١١١١٠١١١٠٠ ١١١١١١١١١١١٠٠٠١	١١١١١١١١١١٠١١١٠١ ١١١١١١١١١١١٠٠٠١٠	١١١١١١١١١١٠١١١١٠ ١١١١١١١١١١١٠٠٠١١
D	١١١١١١١١٠٠١ ١١١١١١١١١١١٠١٠٠٠	١١١١١١١١١١١٠٠١٠٠ ١١١١١١١١١١١٠١٠٠١	١١١١١١١١١١١٠٠١٠١ ١١١١١١١١١١١٠١٠١٠	١١١١١١١١١١١٠٠١١٠ ١١١١١١١١١١١٠١٠١١	١١١١١١١١١١١٠٠١١١ ١١١١١١١١١١١٠١١٠٠
E	١١١١١١١١١٠٠٠٠ ١١١١١١١١١١١١٠٠٠١	١١١١١١١١١١١١٠١١٠ ١١١١١١١١١١١١٠٠١٠	١١١١١١١١١١١١٠١١١٠ ١١١١١١١١١١١١١٠٠١١	١١١١١١١١١١١١٠١١١١ ١١١١١١١١١١١١١١٠٠	١١١١١١١١١١١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١١١١١١٠١٠١
F	١١١١١١١١١٠٠٠١١ ١١١١١١١١١١١١١٠١٠	١١١١١١١١١٠١٠١١٠ ١١١١١١١١١١١١١٠١٠١١	١١١١١١١١١١١١١٠١١١ ١١١١١١١١١١١١١١١٠٠	١١١١١١١١١١١١١١٠٠٠ ١١١١١١١١١١١١١١١٠١	١١١١١١١١١١١١١١٠٠١ ١١١١١١١١١١١١١١١١٠

٤-٢-تطبيق الدراسة :

باستخدام اللغة البرمجية Matlab يمكن ترميز أي صورة وتحويلها إلى قيم رقمية مثال:

إذا كان لدينا الصورة الآتية:

A=

١٠٩	١٠٧	١٠٨	١٠٩	١٠٩	١٠٨	١٠٨	١٠٩
١٠٨	١٠٧	١٠٧	١٠٧	١٠٨	١٠٨	١٠٧	١٠٣
١٠٨	١٠٧	١٠٨	١٠٨	١٠٨	١١١	١١٠	١٠٧
١٠٩	١١٠	١٠٩	١١١	١١١	١١١	١١١	١٠٩
١٠٧	١٠٧	١٠٧	١٠٩	١٠٩	١٠٨	١٠٨	

إن قيم المصفوفة A تعبر عن قيم التدرج الرمادي الموجود ضمن الـblock .

بتطبيق التحويل DCT ينتج :

dct=	٨٦٧,٣٧٥٠	٠,١٧٥٧	-١,٦٦١٢	٠,٩١١٩	-١,١٢٥٠	٢,٦٦٢٥	-١,٠٧٠٨	٠,٣٣٣٦
	-٢,٣٧٠٣	-٠,٩٤٥١	-١,٩٩٩٠	٣,٧٨٨٠	١,٢١٧٨	-٠,٥٥٤٤	٠,٩٢٦٣	-٠,٢٤٨٩
	-٠,٦٦٤٩	٢,٥٥٨٣	١,٨٦٨٧	-١,٩٦٦١	-٠,٨٥٦٢	٠,٣٠٥٤	٠,٩٢٠٥	٠,٩٣٩٥
	-٣,٠٧١١	-٠,٧٣٨٣	٠,٢٩٧٤	-٠,٧٥٦٨	٣,٦٢٧٠	-٠,١٤٥٨	-٠,٤٩٦٥	٠,٢٠٧٦
	٣,٦٢٥٠	-٠,٠٨٢٥	-٠,٤٩٠٠	-١,٢١٩٦	٠,٦٢٥٠	-١,١١٥٦	-٠,٢٠٢٩	-٠,٢٧١٣
	٤,٨٤٣٩	-١,٦٤٦٩	١,٤١١٠	-١,٢٧٩٧	٠,٧٣٣٣	٠,١٨٣٥	٠,٠٧٥١	-٠,٢٨١٢
	٠,٦٨١٣	-١,٦٥٣٦	٠,٦٧٠٥	-٠,١٧٦٢	٠,٢١٩٤	٠,٣٢٢٨	٠,٦٣١٣	-٠,٣٤٥٧
	-١,٤٧٤٥	-٠,٨٨٢٨	٠,٤٣٥٠	-٠,٤٠٢٧	-٠,١٠٩٢	٠,٢٢٧٣	١,٠٠٠١	٠,٠١٨٤

بإجراء التكميم على المصفوفة الناتجة نحصل على القيم الآتية:

quant=	٨٦٧	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	-١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠
	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

. . . .
. . . .
. . . .
. . . .

حيث أن جدول التكميم المستخدم :

quant table=[١ ٢ ٤ ٨ ١٦ ٣٢ ٦٤ ١٢٨
٢ ٤ ٤ ٨ ١٦ ٣٢ ٦٤ ١٢٨
٤ ٤ ٨ ١٦ ٣٢ ٦٤ ١٢٨ ١٢٨
٨ ٨ ١٦ ٣٢ ٦٤ ١٢٨ ١٢٨ ٢٥٦
١٦ ١٦ ٣٢ ٦٤ ١٢٨ ١٢٨ ٢٥٦ ٢٥٦
٣٢ ٣٢ ٦٤ ١٢٨ ١٢٨ ٢٥٦ ٢٥٦ ٢٥٦
٦٤ ٦٤ ١٢٨ ١٢٨ ٢٥٦ ٢٥٦ ٢٥٦ ٢٥٦
١٢٨ ١٢٨ ١٢٨ ٢٥٦ ٢٥٦ ٢٥٦ ٢٥٦ ٢٥٦];

ثم بإجراء قراءة الـZigZag :

red=
٨٦٧ . -١ . . . . . ١ . . . .
. . . .
. . . .
. . . . .

نقوم بعد ذلك بالترميز و ذلك بتشكيل الثنائيات (Z,X)

code ١= ٨٦٧ , (١, −١), (٥, ١) ,(٠, ٠)

أخيراً تكون النتيجة النهائية والتي سوف ترسل عبر شبكة الحاسب بالشكل الآتي:

Frame١= ١١١١١١١١١١٠١١٠٠١١١١٠١٠١٠١٠

بتكرار العمليات السابقة على جميع الـ blocks المكونة للصورة يتشكل لدينا سلسلة إطارات Frame٢,……Frame٦٤ ليتشكل في النهاية الإطار الكامل الذي يعبر عن ترميز الصورة الكلية. هذه العمليات تتم ضمن طبقة التطبيقات (Application Layer).