ضغط البيانات باستخدام تحويل الجيب تمام المتقطع وعكس المعاملات المهملة

حسن عبد ياسر الساعدي

جـ لع بك ا شنب – تكي بكة نلي بـ غى دى فئذ – فزل ك في ئصيئ ة

الاستلام 1997/8/26, القبول 1998/10/6

ك خلاصة شديد

في هذا البحث، اقترحنا تقنية تعتمد تقسيم معاملات مصفوفة تحويل الجيب تمام المتقطع إلى قسمين: الأول و ندعوه المعاملات المهمة ويمثل مركبات التردد الواطيء للصورة (الصورة المرخمة)، ويمثل القسم الثاني مركبات التردد العالي للصورة (صورة الحافات) والذي تهمله اغلب تقنيات التشفير لتحقيق نسب بت واطئة. من اجل تحسين نوعية الصورة الناتجة استخدمنا قسم من معاملات التردد العالي ودعوناها بالمعاملات المهملة. هذه المعاملات المهملة يمكن إجراء معكوس تحويل الجيب تمام المتقطع عليها للحصول على صورة الحافات، وهي تختلف بدورها من حالة إلى أخرى بالاعتما د على عدد المعاملات المهملة المتبناة. صورة الحافات تكمم وتشفر باستخدام تقنية التشفير السلسلي. عند المستلم، يتم عكس جميع العمليات التي أجريت عند المرسل لنحصل على الصورة المستدركة. نتيجة لذلك تم تحقيق نسب بت واطئة جدا مع الاحتفاظ بنوعية الصورة الناتجة ضمن مستوى مقبول.

1. المقدمة

توسع مجال معالجة الصور الرقمية في نهاية الثمانينات بشكل كبير نظرا للتوسع الفائق في تقنيات التصوير المقترنة مع التفوق الهائل في الحاسبات الرقمية من حيث السرعة، الحجم، والكلفة بالإضافة الى تقنيات معالجة الصور المتعلقة بها [1]. يعالج موضوع معالجة الصور الرقمية جملة من المسائل هي: ترقيم الصورة digitization، تحسين الصورة enhancement، ترميم الصورة restoration، تشفير الصورة coding، ضغط البيانات data compression، وتمثيل ووصف الصورة representation and description [2].

ان مهمة التشفير coding هو استخدام اقل ما يمكن من البت bits من احل خزن او إرسال الصورة مع الحفاظ علي نوعية الصورة المشفرة ضمن مستوى مقبول[3]. هناك وجهتان لتحديد نوعية الصورة المشفرة هما: المقارنة مع الصورة القياسية و قابلية عين الإنسان على استنباط المعلومات من الصورة. وهناك العديد من الجهود التي تبذل من اجل تطوير مقاييس لتحديد نوعية الصورة[4].تختلف الصور فيما بينها من جانب التفاصيل التي تحتويها، حيث تمثل الانتقالا ت الحادة بين مستويات الشدة المختلفة (او ما يسمى بالحافات edges) أهم المعلومات التي تميز صورة عن أخرى. لذلك يتوجب على تقنية التشفير المستخدمة ان تكون كفوءة للحفاظ على تلك الحافات [1]. تقسم تقنيات ضغط البيانات الى نوعين بشكل عام هما: التقنيات الخالية من الأخطاء error-free والتقنيات المصحوبة ببعض الأخطاء [5]. تتميز التقنيات الخالية من الأخطاء بعدم قابليتها على تحقيق نسبة ضغط عالية للبيانات ولكنه تحقق مستوى جودة عالي للصور الناتجة، وان أعظم نسبة ضغط يمكن تحقيقها مع هذا النوع تحدد بنظرية شانون Shanon theory [6] والتي تنص على ان معدل معلومات المصدر تعين بواسطة الانتروبي entropy حسب المعادلة آلاتية

$$H(f) = -\sum_{t=1}^{t=T} p(f_t) Log_2[p(f_t)] \qquad (1)$$

حيث ان $p(f_t)$ تمثل احتمالية الحدوث. على الجانب الأخر، فان التقنيات المصحوبة ببعض الخطاء تحقق نسبة ضغط عالية جدا ولكن مستوى جودة الصورة قد يصل الى وضع غير مقبول. من اجل ان تكون تقنية ضغط البيانات متميزة فانه يجب ان تحقق نسبة ضغط عالية مع الاحتفاظ بنوعية الصورة ضمن مستوى مقبول [5].

2. النظرية

لقد تم تطوير أنظمة تشفير التحويل transform coding في السنين الأخيرة والتي تحقق طريقة فعالة من اجل ضغط بيانات الصور الرقمية. يحقق تشفير التحويل هدفين أساسيين هما: الأول هو تحويل مجموعة عناصر الصورة المعتمدة إحصائيا correlated إلى معاملات غير معتمدة إحصائيا، والثاني هو تكميم quantization وتشفير coding كل من هذه المعاملات بصورة منفصلة [1,2]. عدد البتات bits المستخدمة لتشفير أي معامل يعتمد على عدد مستويات المكمم المستخدم والتي بدورها تحدد من اجل ان تكون الأخطاء الناتجة في الصورة المستدركة غير محسوسة لعين المشاهد [5]. يحقق تشفير التحويل أفضلية تشفير فعالة في نسب بت واطئة وانه يوزع التشوهات الناتجة بسبب التكميم أو التشفير على الصورة بشكل غير محسوس بالإضافة إلى انه يخفف من الضوضاء noise التي تضيفها قناة الإرسال [4].

ان عمليات التشفير والتكميم وأخطاء الإرسال تسبب عيوب حتمية إلى الصورة المستدركة عند المستلم، وهناك مقياس يستخدم لقياس نوعية الصورة المستدركة هو الإشارة إلى نسبة الضوضاء signal to noise ratio (SNR) والذي يتخذ عدة صيغ رياضية اشهرها [3]

حيث ان e_{rms}^2 يمثل معدل مربع الخطأ root mean square error والذي يعرف بالصيغة

$$SNR = 10\,Log_{10}(\frac{\sigma^2}{e_{rms}^2}) \tag{2}$$

$$e_{rms}^2 = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}[f(i,j) - g(i,j)]^2 \tag{3}$$

حيث يمثل N حجم الصورة، σ الانحراف المعياري لعناصر الصورة المستدركة، و $f(i,j)$ ، $g(i,j)$ تمثل على التوالي الصورة الأصلية والمستدركة.

1.2 تحويل الجيب تمام المتقطع discrete cosine transform (DCT)

هناك العديد من التحويلات الرياضية التي تستخدم لفك ارتباط عناصر الصورة ويبرز تحويل الجيب تمام المتقطع بأنه الأفضل في مجال اكتناز compaction طاقة الصورة في عديد قليل جدا من معاملات التحويل [1]. مصفوفة التحويل تمتاز بأنها تمتلك القيمة الأعظم في الزاوية العليا اليسرى وتقل قيم المعاملات باتجاه اليمين او الأسفل. تمثل المعاملات القريبة من الزاوية العليا اليسرى من مصفوفة التحويل مركبات التردد الواطىء (الصورة المرخمة smoothed) ، في حين تمثل المعاملات الباقية مركبات التردد العالي (الحافات edges). لتحقيق نسبة ضغط معينه للبيانات فان قسم من معاملات التردد العالي سوف تقطع ويجري معكوس التحويل الرياضي لنحصل على صورة تختلف بعض الشيء عن الصورة الأصلية بسبب اقتطاع قسم من المعاملات. تتحقق نسبة ضغط البيانات اذا كان عدد البتات المستخدمة لترميز عناصر الصورة الناتجة اقل من عدد البتات المستخدمة لترميز عناصر الصورة الأصلية.

رياضيا، يعرف تحويل الجيب تمام المتقطع باحداثيين حسب المعادلة الآتية[7]

$$C(u,v) = \frac{2}{N}C(u)C(v)\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)\cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \tag{4}$$

في حين يأخذ التحويل العكسي الصيغة الآتية

$$f(x,y) = \frac{2}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-!}C(u)C(v)C(u,v)\,f(x,y)\cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \tag{5}$$

حيث ان $x,y,u,v = 0,1,.....,N-1$ وان

$$C(\alpha) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & if \quad \alpha = 0 \\ 1 & if \quad \alpha = 1,2,.....,N-1 \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{6}$$

2.2 التكميم quantization

إذا أردنا إرسال المعلومات من مصدر مستمر خلال قناة رقمية فان مخرج المصدر يجب ان يمثل بمجموعة متقطعة من المتغيرات والتي يمكن إن تشفر. الطريقة المتبعة في هذه الحالة هي نمذجة sampling مخرج المصدر المستمر في فترات قياسية وبعد ذلك تكميم العينات في السعة [2]. الأخطاء التي تنشأ من النمذجة والتكميم ترتبط بحقيقة كون القناة الرقمية ذات عدد محدد من الثنائيات digits الممكنة في أي فترة زمنية معطاة، لذلك فأن نسبة النمذجة العالية تتضمن تكميم ملائم coarse quantization والعكس بالعكس [8].

عملية التكميم هي مقارنة سعة الإشارة مع مجموعة من المستويات التي تدعى مستويات التقرير decision levels، اذا كانت السعة تقع بين مستويي تقرير فأنها تكمم الى مستوى مستدرك reconstructed level ثابت يقع في حزمة التكميم، انظر الشكل (1). مستويات التقرير والمستدركة يتم اختيارها لتقليل الأخطاء الناتجة بين الصورتين الأصلية والمستدركة. بافتراض إن عدد المستويات هو N، فقد أشتق العالم ماكس Max [9] معادلات المستويات المقررة والمستدركة كالأتي

$$X_k = \frac{\int_{Y_{k-1}}^{Y_k} XP(X)dX}{\int_{Y_{k-1}}^{Y_k} P(X)dX} \tag{7}$$

$$Y_k = \frac{X_k + X_{k-1}}{2} \tag{8}$$

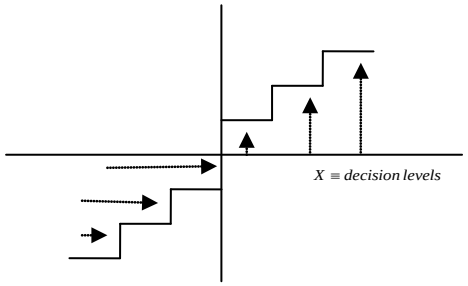
حيث X_k ، Y_k تمثل المستويات المقررة والمستدرك ة حسب الترتيب وان $P(X)$ تمثل كثافة الاحتمالية للعينة. اذا كانت كثافة الاحتمالية للعينة منتظمة فان المستويات المقررة سوف تكون بفاصلة منتظمة، واذا كانت كثافة الاحتمالية للعينة غير منتظمة فأن المستويات المقررة سوف تكون ضيقة في مناطق السعة العالية وعريضة في مناطق السعة الواطئة [3].

3.2 التشفير coding

ان عملية التشفير تعني ان المعاملات المكممة سوف يتم تحويلها الى سيل من البتات. ان كل معامل في عملية التكميم يقارن مع فترة من المستويات المقررة ويكمم الى مستوى مستدرك معين. يحتفظ كل من المرسل والمستلم بنفس الجداول لقيم المستويات المقررة والمستدركة. القيم المستدركة ترقم بأرقام صحيحة وفقا لقيمتها (تخصص لهذه العملية مصفوفة تدعى bit allocation matrix تحسب بالاعتماد قيم المعاملات) وبالتالي فأن الذي يشفر ويرسل هو رقم المستوى المستدرك وليس المستوى نفسه. عند المستلم يتم فك الشفرة ومعرفة الرقم الصحيح الذي يمثل دليل المستوى المستدرك، لمزيد من التفاصيل انظر [4,8]. وفقا لما تم ذكره في أعلاه فان المعاملات المهمة ذات القيم الحقيقية سوف يشفر محلها رقم المستوى المستدرك الذي يأخذ قيما تعتمد مقدار المعامل. بكلمات أخرى، يكون عدد البت الكلي اللازم لتشفير المعاملات المهمة هو

$$BR_1 = \sum_{v=0}^{B} \sum_{u=0}^{A} \lambda(u,v) \tag{9}$$

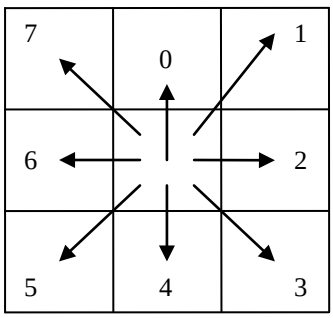
حيث ان $\lambda(u,v)$ يمثل عدد البت اللازم لتشفير المعامل $C(u,v)$. الثوابت A و B تمثل الأبعاد الهندسية للمنطقة التي تشمل المعاملات المهمة.



شكل (1): المستويات المقررة والمستدركة لحالة مكمم عام.

4.2 التشفير السلسلي chain coding

صورة الحافات تكمم قيمها أيضا بصورة مماثلة لتكميم المعاملات وبعد ذلك يتم تشفيرها. عملية التشفير هنا يجب ان تكون مختلفة عن الحالة السابقة نظرا لان موقع نقاط الحافات عشوائي. وسوف نستخدم تقنية التشفير السلسلي المقترحة من قبل Freeman [10] وتعني ببساطة تشفير إحداثيات النقطة الأولى للحافة وتشفير قيمتها المكممة وبعد ذلك يتم تشفير قيمة الاتجاه الموصلة لنقطة الحافة الثانية والذي يأخذ ثمانية احتمالات 0,1,2,3,4,5,6,7 حسب توضيح الشكل (2) (أي ان الاتجاه سوف يشفر بثلاث بتات) وكذلك القيمة المكممة لنقطة الحافة الثانية، وتعاد العملية لجميع النقاط والحافات وترسل عبر قناة الإرسال. ونظرا لان عدد النقاط عشوائي فلا يمكن وضع صيغة رياضية ثابتة لحساب نسبة البت اللازمة لتشفير الحافات BR_2 بل تحسب إثناء تنفيذ البرنامج.

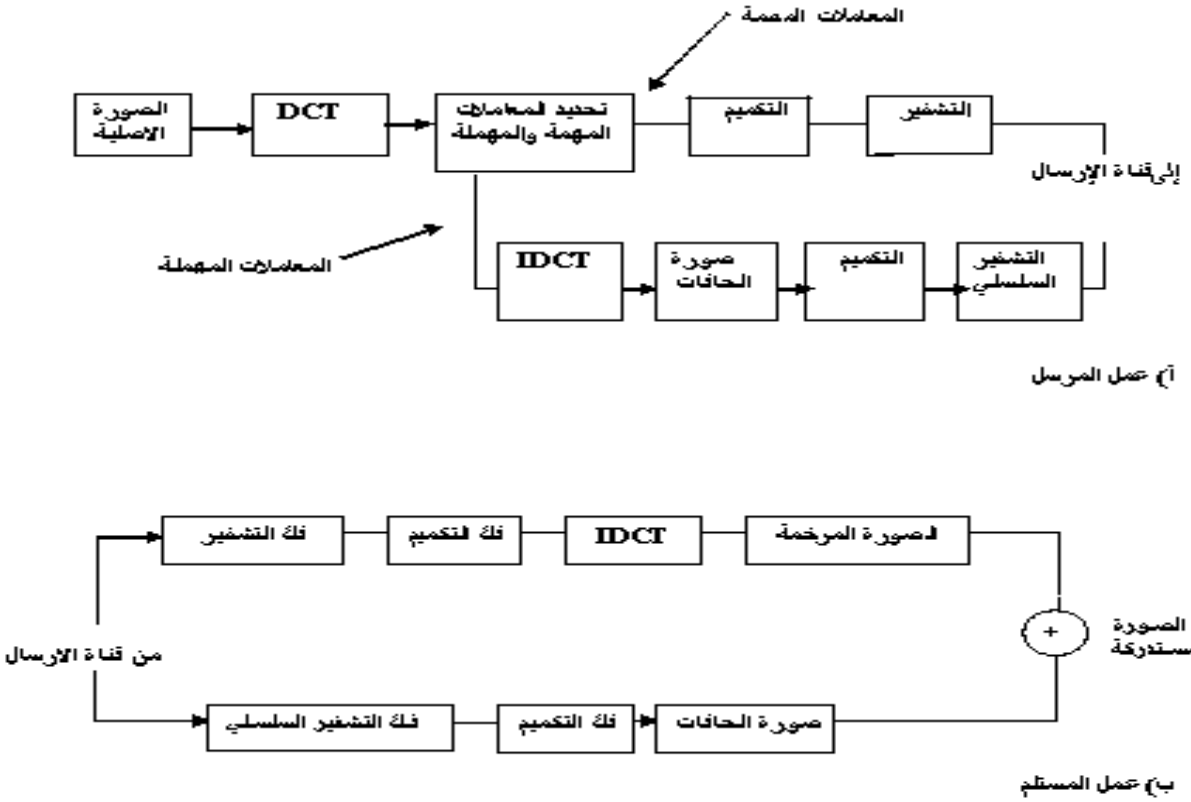


شكل (2): العنصر المركزي يمثل موقع نقطة الحافة،

الأرقام تمثل الاتجاهات الممكنة لنقطة الحافة التالية.

5.2 النموذج المقترح

يتضمن نموذجنا المقترح مجموعة من العمليات التي تحدث في كل من المرسل والمستلم، انظر الشكل (3). ومن اجل توضيح تلك العمليات ارتأينا تقسيمها إلى مجموعتين حسب الأتي



شكل (3): نظام الإرسال المقترح، أ) عمل المرسل، ب) عمل المستلم.

1.5.2 عمل المرسل

أ) يجري على الصورة الداخلة $f(i,j)$ تحويل الجيب تمام المتقطع DCT ، مصفوفة التحويل الناتجة تقسم فيها المعاملات الى نوعين. المعاملات المهمة وتقع في الزاوية العليا اليسرى من مصفوفة التحويل وتمثل مركبات التردد الواطىء(الصورة المرخمة)، بقية المعاملات ذات قيم قليلة وسوف ندعوها بالمعاملات المهملة وتمثل مركبات التردد العالي (الحافات).

ب) نختار مجموعة من المعاملات المهمة وفقا طريقة المنطقة zonal method (في هذه الطريقة نختار قسم من المعاملات التي تشغل مساحة هندسية معينة، في هذا البحث اخترنا مثلث متساوي الأضلاع قائم الزاوية ، زاويته القائمة تقع في الزاوية العليا اليسرى لمصفوفة التحويل). هذه المعاملات المهمة المختارة والتي تمثل التردد الواطىء يتم تكميم كل منها وترمز وترسل عبر قناة الإرسال.

ج) جميع المعاملات التي لم يتم استخدامها في الخطوة **ب** سوف ندعوها المعاملات المهملة والتي تكون قيمها صغيرة بالمقارنة مع قيم المعاملات المهمة. لتحقيق نسبة ضغط معينة للبيانات نختار فقط قسما من المعاملات المهملة ونجري عليها معكوس تحويل الجيب تمام المتقطع لنحصل على صورة الحافات. قيم العناصر في صورة الحافات وعدد نقاط الحافات تعتمد على عدد المعاملات المهملة التي تم استخدامها لحساب معكوس التحويل.

د) صورة الحافات الناتجة في الخطوة ج يتم تكميمها وتشفيرها باستخدام تقنية التشفير السلسلي.

2.5.2 عمل المستلم

أ) من قناة الإرسال، المعاملات التي تم تشفيرها في الخطوة **ب** من الفقرة **2-5-1** يتم عكس تشفيرها وعكس التكميم واجراء معكوس تحويل الجيب تمام المتقطع لنحصل على الصورة المرخمة. وهي بالتأكيد لا تعاد ل نظيرتها عند المرسل بسبب وجود أخطاء حتمية يسببها المكمم والمشفر.

ب) يجري فك التشفير السلسلي للعناصر المرسلة في الخطوة **ج** من الفقرة **2-5-1** وعكس التكميم لنحصل على صورة الحافات، وهي الأخرى لا تخلو من أخطاء التكميم والتشفير.

ج) يتم جمع الصورتين الناتجتين في **أ و ب** لنحصل على الصورة الكلية المستدركة $g(i,j)$.

د) يتم احتساب مقياس جودة الصورة SNR باعتماد المعادلة (5).

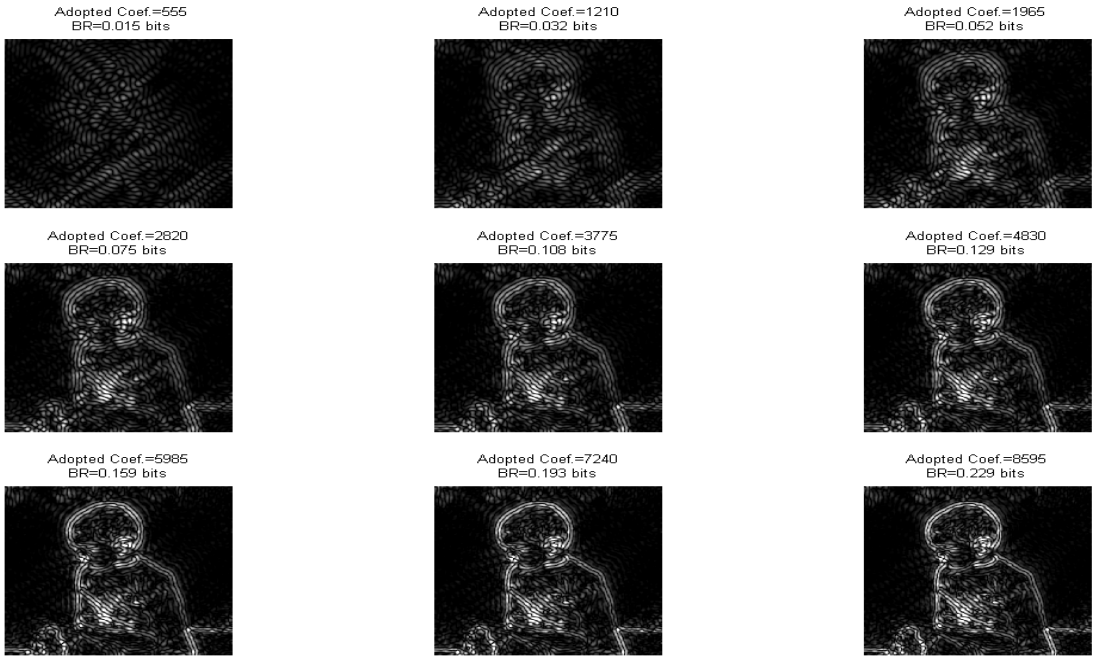
هـ) نسبة البت تحسب في البرنامج من عدد مستويات المكمم المخصصة لكل من المعاملات المهمة، بالإضافة إلى عدد مستويات المكمم المخصصة لتكميم نقاط الحافات وعدد البت اللازمة لتمثيل الاتجاهات في التشفير السلسلي.

3. النتائج والمناقشة

تم استخدام صورة مصدرية ، انظر الشكل (4)، ذات تدرج لوني رمادي gray level بعدد مستويات شدة 256 وبحجم 512×512. أجريت جميع الحسابات على الحاسبة الشخصية IBM ذات السرعة 300 MHz ولم نستخدم صورة ذات حجم اكبر بسبب محدودية عمل الحاسبة. الشكل (5) يمثل نماذج من الصورة المرخمة بعد اقتطاع قسم من معاملات التحويل المهمة المشار إليها أعلى الصور. نلاحظ ان نوعية الصور المرخمة الناتجة تقل مع نقصان عدد المعاملات المهمة المتبناة. أي ان إهمال قسم أكثر من المعاملات يعني إهمال قسم كبير من معلومات الصورة. على الجانب الأخر، ان زيادة عدد المعاملات المهمة المتبناة يؤدي الى زيادة نسب البت اللازمة لخزن او تشفير الصورة. وبناءا على ذلك يمكن إجراء موازنة باختيار عدد من المعاملات يحقق نسبة بت واطئة ونوعية صورة مرخمة جيدة. لشكل (6) يبين نماذج مختلفة من صورة الحافات الناتجة، حيث ان المعاملات المهمة تقطع بشكل مثلث متساوي الإضلاع زاويته القائمة تقع فوق الزاوية العليا اليسرى لمصفوفة التحويل. هنا تم قطع 1275 معامل من الزاوية العليا اليسرى، والمعاملات المتبقية نختار قسما منها مع كل صورة حسب ما يتضح في الشكل ونجري علية معكوس تحويل الجيب تمام المتقطع لنحصل على صورة الحافات. ان ملامح صورة الحافات او عدد النقاط التي تمثل الحافات تزداد بشكل واضح مع زيادة عدد المعاملات المهملة المتبناة ويرافق ذلك حتما زيادة في عدد البت اللازمة لترميز صورة الحافات. الشكل (7) يبين نماذج من الصور الكلية المستدركة والناتجة من جمع الصورة المرخمة التي حصلنا عليها في الشكل (5) باعتماد 1275 من المعاملات المهمة مع كل من صور الحافات في الشكل (6). نلاحظ من الشكل (7) ان نوعية الصورة الناتجة متمثلة بمقياس الإشارة إلى نسبة الضوضاء SNR تزداد مع زيادة نسبة البت اللازمة لخزن او تشفير الصورة الكلية (المرخمة والحافات).بصورة عامة، ان التقنية الحالية حققت صور جيدة جدا في حدود BR=0.2 bits أي ان نسبة ضغط البيانات (حاصل قسمت عدد البت اللازمة لخزن عنصر الصورة الأصلية على عدد البت اللازمة لخزن العنصر بعد تطبيق التقنية) هي $compression\ ratio = 8/0.2 = 40$. وهنا لابد من الإشارة الى ان الصورة المستخدمة تفرض قيودا على نسب البت المتحققة، حيث ان الصورة ذات التفاصيل الكثيرة تعني وجود الحافات الكثيرة وبالتالي يجب تخصيص نسب بت اكبر والعكس بالعكس. بكلمات أخرى، كلما كانت الصورة قليلة التفاصيل كلما تمكنت التقنية من حفظ معلوماتها بعدد اقل من البت.

شكل (4): الصورة المصدرية الأصلية.

شكل (5): نماذج من الصور المرخمة الناتجة.



شكل (6): نماذج من صور الحافات الناتجة.

شكل (7): نماذج من الصور المستدركة الناتجة.

References

[1] R. G. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, **1987**.
[2] W. K. Pratt, "Digital Image Processing", New York; Wiley Inter−science, **1978**.
[3] A. K. Jain, "Image Data Compression: A Review", Proc. IEEE, Vol.69, No.3, **1981**.
[4] F. De Natale, "Adaptive DCT for Image Data Compression", Signal Processing, Vol.3, No.4, PP. 49-56, **1992**.
[5] M. Kunt, "Image Coding in Scanning Microscopy", Supplement 2, Edt.AMF, O'Harre, **1988**.
[6] C. E. Shanon, "The Mathematical Theory of Communications", University of Illinois Press, Ubrana, Illinois, **1948**.
[7] N. Ahmed, T. Natrajan, and K. R. Rao, "On Image Processing and DCT", IEEE Trans. Comp., Vol.C-23, PP. 90-93, **1974**.
[8] K. A. Hasson, "Transform Coding Based on Classified Edges", M. Sc. Thesis, University of Baghdad, College of Science, **1995**.
[9] J. Max, "Quantization for Minimum Distortion", IRE Trans. Inf. Theory, Vol. IT-5, PP.248-252, **1960**.
[10] H. Freeman, "The Encoding of Arbitrary Geometric Configuration", IRE Trans. Elec. Comp., EC-10, PP.260-268, **1961**.

Data Compression Using Discrete Cosine Transform and Reverse the Neglected Coefficients

Hassan Abid Yasser

Basrah University/ College of Education - Thi-Qar/ Mathematics Dept.

Abstract

In this paper, we introduce a method depend on dividing the transformation matrix into two parts. The first part called important coefficients represents low frequency components (smoothed image). The second part called neglected coefficients, which ignored by most of the available techniques. The neglected coefficients are responsible for high frequency components (edges image) by selecting some of these elements to get the accepted image quality. Carry the inverse discrete cosine transform on the neglected coefficients that selected to get edges image, which different from situation to another depend on number of neglected coefficients. By using chain-coding technique, edges image will coded and quantized. At receiver, whole operations that have been done in sender reverse to get the reconstructed image. Consequently, we get a very low bit rates with keeping the image quality within accepted level.

Key words: image processing, data Compression, DCT, chain coding