مقارنة بين طرائق تكميم الألوان

علياء قصي أحمد تقي العريبي

كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث ٢٠٠٧/٩/٦ **تاريخ قبول البحث ٢٠٠٧/١٢/١٧**

ABSTRACT

Due to the fast and high development in computer technology and the reflection of this development on digital images ,many image processing algorithms became in need to initialization steps for the image before starting the actual operations of the algorithms and the program. Image quantization is one of the important operations in image processing field and it is the first step in many digital image applications.

This technique is based on taking the best colors from the original image and produce a new image with a new quality with less colors and with small error ratio. There are many image quantization methods ,but this research focuses on studying three different methods of image quantization and compares them. These methods are:

1. Quantization by mask
2. Uniform Quantization
3. Half toning Quantization

After programming the methods we could reach a high degree of clarity in image after reducing its color. The research was applied on different types of images to find the best method for each image with small error ratio and that depends on the contents and on color distributions in the image .(Matlab7) was used for programming these methods.

الملخص

نظراً للتطور الكبير والسريع في تكنولوجيا الحاسبات وانعكاس هذا التطور على مجال الصور الرقمية ،أصبحت معظم خوارزميات معالجة الصور الرقمية بحاجة إلى مراحل تهيئة للصورة قبل إجراء العمليات الفعلية التي يتطلبها البرنامج أو الخوارزمية ،وتعد عملية تكميم الألوان للصور أحدى العمليات المهمة في مجال معالجة الصور وتعتبر الخطوة الأولى في أية عملية لمعالجة الصور الرقمية في الكثير من التطبيقات.

تعمل هذه التقنية على أخذ أفضل الألوان من الصورة الأصلية وإنتاج صورة ذات نوعية جديدة بعدد ألوان أقل وبنسبة تشويه قليلة قدر الإمكان ، يوجد العديد من طرائق تكميم الألوان ،لكن يركز البحث على دراسة ثلاث طرائق مختلفة من طرائق تكميم الألوان في الصور والمقارنة بينها وهذه الطرائق هي :

1.التكميم بواسطة القناع (Quantization by mask)

2.التكميم الخطي (Uniform Quantization)

3.التكميم باستخدام خوارزمية التدرج اللوني المتناغم (Half toning Quantization)

بعد برمجة هذه الطرائق تم التوصل إلى أعلى درجة من الوضوح في الصورة بعد تقليل عدد ألوانها، وقد تم تطبيق البحث على أنواع مختلفة من الصور لإيجاد الطريقة الأفضل والأنسب وذلك حسب نوع الصورة الناتجة ، كما تم تطوير كل من خوارزمية(Uniform)كي تعطي أكثر من صورة بعدة مستويات تكميم وخوارزمية(Half toning) للحصول على أعلى درجة من الوضوح وبنسبة خطأ قليلة ،وذلك بالاعتماد على مكونات الصورة وتوزيع الألوان فيها وقد تم استخدام لغة (Matlab7) في برمجة هذه الطرائق.

1 . المقدمة

تشغل الصور الرقمية حيزاً كبيراً في مجال تقنية الحاسبات في عصرنا الحالي إذ يتم التعامل يومياً مع العديد من أنواع الصور وبمختلف التدرجات اللونية وتستخدم الصور الرقمية في الكثير من التطبيقات العلمية واليومية.

وبفضل التقنيات الحديثة ،أصبح بإمكاننا الحصول على صور ملونة عدد الألوان فيها يزيد على 16 مليون لون مختلف [1]، وهذا العدد الكبير من الألوان جعل الصور تشغل حيزاً كبيراً من وسائط التخزين بمختلف أنواعها،وأدى الى تعقيد عمليات معالجة الصور، ولذلك أصبحت عملية تكميم ألوان الصور الرقمية (Colour Quantization) ضرورية في الكثير من التطبيقات العلمية وأصبحت هذه العملية بمثابة خطوة أولية وأساسية لأي نظام من نظم معالجة الصور، كما أنها تعتبر ضرورية في عمليات نقل الصور عبر شبكات الاتصال عبر العالم وذلك لتقليل حجم الصور وهذا يؤدي الى زيادة سرعة النقل عبر شبكات الاتصال العالمية،إذ يعامل جهاز الحاسوب الصورة على أنها منظومة ثنائية الأبعاد كل موقع فيها يمثل نقطة ضوئية أو ما يعرف بالـ (Pixel) وهي اصغر وحدة خزن لتمثيل موقع معين على الشاشة[6] وكلما زاد عدد النقاط الضوئية (Pixels) ضمن حدود ثابتة ازداد تقارب هذه الصورة من الواقع لتحسس العين

البشرية لحقائق هذه الصورة وهذا ما يسمى بـــالكثافة النقطيـــة (Resolution)، إذ كلمـــا زادت الكثافة النقطية في الصورة زادت دقتها وصعب تمييز عدد الألوان فيها لكثرتها وهذا مـــا يجعـــل الصورة ناعمة بحيث لا يمكن تمييز شكل النقطة الضوئية منفردة في الصورة، بعكس الـــشاشات القديمة لأنها ذات قابلية بسيطة لعرض الألوان، إذ يمكن ملاحظة شكل الـــ(Pixel) في الصورة وذلك لكون الكثافة النقطية للشاشة قليلة، أي أن عدد النقاط التي يمكن إضاءتها في الشاشة قليـــل [2].

2. أسباب استخدام عملية التكميم

توجد حالتان نحتاج فيهما إلى استخدام عملية التكميم على الصور :

1- نوع شاشة عرض الصور (Image display) :

وهو أن يكون نوع عتاد الشاشة (البنية المادية للشاشة) ونوع برامج الرسومات الموجـــودة فـــي الحاسبة لا تدعم إلا عددا محددا من الألوان أي أن عدد الألوان المتوافرة في الجهاز أقل من عدد الألوان في الصورة المراد عرضها، لذلك لابد من تقليل عدد الألوان في الصورة كي يتناسب مع قدرة الجهاز على عرض الألوان وهذه المشكلة كانت تواجه المستخدمين في كل مرحلة انتقالية ما بين جيل من الشاشات و الجيل التالي مثلا عند الانتقال من استخدام شاشات مـــن نـــوع (EGA) ذات التدرج اللوني القليل إلى استخدام شاشات من نوع (VGA) ذات التدرج اللـــوني الأعلـــى، يضطر العاملون في المؤسسات التي فيها جيلان من الحاسبات إلى تغيير حجم الصور ونوعها أو شكل صمم في حاسبة ذات مواصفات جيدة عند الحاجة لعرضه في حاسبة شاشتها من نوع أدنى مثل (EGA)[5] والشكـــل(1-1) يوضح صورة من نوع (8Bit) والفرق عند عرضـــها علـــى شاشة قديمة وأخرى حديثة.

صورة معروضة على شاشة كثافتها النقطية (800X600)

صورة معروضة على شاشة كثافتها النقطية (600X400)

الشكل (1) يوضح الفرق بين الشاشات الرقمية

والجدول الأتي يوضح مراحل تطور شاشة الحاسوب وأنوعها وأحجامها وكثافتها النقطية، وعدد الألوان التي يمكن عرضها[4]، إذ نلاحظ زيادة كبيرة في عدد النقاط الضوئية التي يمكن عرضها على الشاشة وزيادة عدد الألوان الناتجة بشكل كبير في الشاشات من نوع (VGA) فما أعلى، إن زيادة دقة الصورة يعتمد على نوع الشاشة ونوع العتاد المستخدم (كارت الشاشة)،والجدول الآتي لا يمثل جميع أنواع الشاشات بل الرئيسية منها.

الجدول (1) يبين أنواع الشاشات الرقمية ومواصفاتها

Date	Acronym	Name	Width × Height	Total Pixels	No. of Colors
1981	CGA	Color Graphics Adapter	320×200	64,000	2-16
1984	EGA	Enhanced Graphics Adapter	640×350	224,000	16-64
1987	VGA	Video Graphics Array	640×480	307,200	16-256
1998	SVGA	Super VGA	800×600	480,000	256 - 16.7million
1990	XGA	Extended Graphics Array	1024x768	786432	16.7 million
After 1990	SXGA	Super Extended Graphics Array	1280x1024	1310720	16.7 million

2-كبس الصور(Image compression)

وهو السبب الثاني والأهم ، لكون عملية تكميم الألوان للصور تؤدي إلى تقليل عدد الألوان في الصورة وهذا بدوره يؤدي إلى تقليل مساحة الخزن التي تشغلها في وسائط الخزن وكذلك تقليل الوقت اللازم لعرض الصورة على الشاشة إذ كلما قل عدد الألوان في الصورة قل حجمها ونتيجة لذلك تصبح سرعة عرضها على الشاشة من خلال الانترنيت أسرع [10].

ويعتبر تقليل حجم الصور موضوعا مهما جداً في عملية نقل الصور عبر شبكة المعلومات العالمية (الانترنت)، ولكي لا تسبب هذه الصور بطأ في تصفح المواضيع، يسعى مصممو برامج محركات البحث ومصممو المواقع إلى استخدام الصور التي تدعم (256) لونا أو أقل على صفحات شبكة الانترنت لصغر حجمها وسرعة عرضها على الشاشة .

3. أنواع الصور الرقمية

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الصور :

1. صور ثنائية اللون(Binary Images)
2. صور ذات تدرج رمادي (Grayscale Images)
3. صور ملونة (Colored Images)

إن قيم الـــ(Pixel) في الصور الثنائية اللون إما صفرا أو واحدا، أما في الصور ذات التدرج الرمادي فتتكون من عدد من التدرجات الرمادية وتصل إلى(256) تدرجا، لكن العين البشرية قادرة على أن تميز نسب الإضاءة المطلقة في الصورة بحدود (15) ظلا أو تدرجا رماديا لكنها أكثر تحسساً للاختلاف في سطوع الألوان الرمادية المتجاورة[9].

أما الصور الملونة فتتكون من ثلاث حزم لونية (Red, Green, Blue) ومجموع هذه الألوان ينتج لونا معينا ،يتم التعامل مع كل لون من الألوان(RGB) بوصفها حزمة لونية مستقلة[7]،إذ تتم معالجة كل حزمة بنفس الطرائق المستخدمة لمعالجة الصور ذات التدرج الرمادي.

4. تكميم الألوان (Color Quantization)

التعريف الرياضي لعملية التكميم هو أنها عملية تحويل قيم النقاط الضوئية (Pixel) في الصورة إلى أرقام صحيحة منفصلة تمثل بعضا أو أجزاء من نقاط الصورة الأصلية، أي باختصار هي عملية تحويل صورة ذات عدد كبير من الألوان إلى صورة ذات عدد محدد من الألوان [3].

ويمكن تعريف الصيغة الرياضية لهذه العملية كما ياتي [3]:

لتكن

$$Rk=\{v1,v2,.,.....,vk\} \quad \ldots(1)$$

عبارة عن مجموعة جزئية من (R^n) ، وعملية تكميم (R^n) تعرف كالاتي :

$$Q : R^n \longrightarrow Rk \quad \ldots(2)$$

$$\text{Where } Rk < R^n$$

إذ أن:

(R^n) : المجال اللوني للصورة ألأصلية

(RK): المجال اللوني للصورة الناتجة من عملية التكميم التي تمثل عينة مـــن الألـــوان الموجودة في الصورة الأصلية.

يوجد وجهتا نظر أو أسلوبان لعملية تكميم الصور:-

1. التكميم المدرج **(Scalar Quantization)**:حيث تعالج كل قيمة لونية (Input) بشكل منفرد لإيجاد النتيجة (Output).

2. التكميم المتجه **(Vector Quantization)** تجمع القيم الضوئية (Inputs) بمجاميع تسمى الكمية المتجهة(vector) حيث تعتبر كل مجموعة وحدة واحدة ومجموعة الوحدات والألوان فيها تعطي النتيجة (Output).

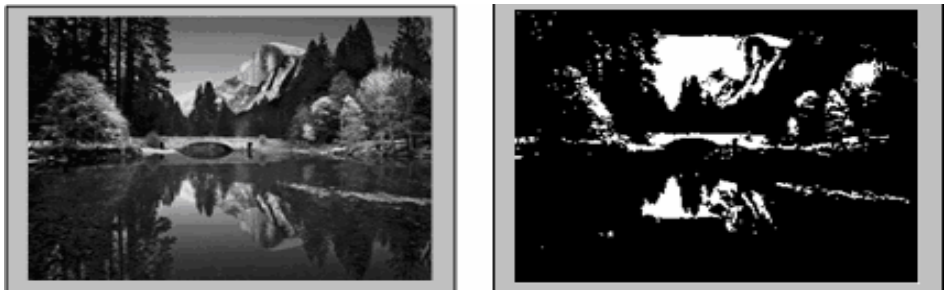
لكن الأسئلة التي تدور في ذهن كل باحث عند العمل على طريق التكميم هي [3]:

1. بالنسبة إلى الأسلوب الأول:كيف يتم اختيار مستوى التكميم (Quantization level) فكلما زاد عدد مستويات التكميم كانت الصورة المكممة تقارب الصورة الأصلية وبنسبة خطأ قليلة.
2. بالنسبة إلى الأسلوب الثاني:ما عدد المستويات المكممة اللازم والمناسب لتمثيل كل عينة (Sample) أو مجموعة.

لكن بشكل عام إن مواصفات أية طريقة من طرائق التكميم تعتمد على عاملين:

- عملية تقسيم الإدخال (Input) للخوارزمية المكممة .
- عدد المستويات المطلوبة في الإخراج (Output).

إن تقليل عدد ألوان الصورة سواءا كانت رمادية أم ملونة يؤدي إلى زيادة في ظاهرة تدعى(Contouring)، أي الحواف المتعرجة،إذ يظهر الـ (Contouring) في الصورة كحافات خاطئة أو خطوط كنتيجة لتقليل المستوى الرمادي أو الملون وذلك نتيجة التغير الخطي للإضاءة ،وظهور الـ(Contouring)، يمكن أن يحسن بشكل بصري باستعمال خوارزميات تحسين الصور الرقمية[8]، كما في الشكل(2) يوضح تأثير عملية تقليل عدد مستويات التكميم في الصورة خاصة في المناطق التي يكون تغير الإضاءة في الصورة بشكل بطئ حيث تم تحويل الصورة من (256) مستوىً رمادياً إلى صورة ثنائية اللون.



ظهور(Contouring)بعد تحويل نوعها-B الصورة الأصلية -A

شكل رقم (2) يظهر اختفاء الحواف عند تحويل صورة ذات 256 تدرجا رماديا إلى صورة ثنائية اللون

5. طرائق تكميم الألوان

يوجد عدة طرائق لتكميم الألوان في الصور، وتعتمد معظم الطرائق على اختيار قيمة معينة ثم تتم معالجة باقي نقاط الصورة بالاعتماد على معادلة أو مرشح معين وتعتبر طريقة حد العتبة (Threshold) الأسهل لتقليل التدرج اللوني حيث نختار مستوى عتبة معينا وأية قيمة لونية أكبر من حد العتبة نجعل قيمتها تساوي واحدا(255) مثلاً لصورة من نوع (8Bit) يكون حد العتبة يساوي(127) على اعتبار أن هذه الشدة تمثل منتصف قيم الشدة في الصورة ،وأية قيمة لونية تساوي أو تحت قيمة العتبة تساوي الصفر هذا بدوره يحول صورة رمادية أو ملونة إلى صورة ثنائية المستوى (Binary)،ونفس المبدأ يطبق في حالة التقليل من مستوى إلى مستوى أقل لكن الفرق بدلا من ان نعوض الرقم واحدا أو صفرا سنعوض بقيمة حد العتبة أو تحتفظ النقطة الضوئية بقيمتها لكن أهم مساوئ هذه الطرائق أنها لا تأخذ بنظر الاعتبار مسالة توزيع الألوان في الصورة فقد يكون لون معين يظهر بتكرارات كثيرة لكن في مناطق مبعثرة أو قد يظهر لون معين مركزا في منطقة معينة بمساحة كبيرة أكثر من لون آخر أو قد يوجد لون متكرر بشكل قليل، فعند فقدان هذا اللون لن يؤثر كثيرا في الصورة الناتجة لعدم تأثيره في الشكل العام في الصورة [2][8] ،وفيما يأتي سنوضح الطرائق المستخدمة في بحثنا هذا:

5-1 . طريقة التكميم المنتظم (Uniform Quantization)

تعتمد بعض طرائق التكميم على دراسة عدد الألوان في الصورة وحساب تكرار كل لون ثم تكميم الألوان بطريقة إحصائية حسب عدد تكرار كل لون، وبذلك تكون الصورة الناتجة أفضل لكن هذه الطرائق تستند إلى تكرار كل لون وقد تعتمد على رقم ثابت قد لا يمثل توزيع الألوان المميزة في الصورة التي تجذب انتباه المستخدم، لذلك فان مثل هذه الطرائق لا تعتبر الحل الأمثل لمسالة توزيع الألوان، الحل الأفضل هو تقسيم الصورة إلى عدد من المقاطع كي يتم التكميم على كل جزء من أجزاء الصورة بالاعتماد على تكرار اللون في كل مقطع من الصورة وليس بالاعتماد على كل الصورة لكن السؤال هو كيف يتم اختيار حجم كل مقطع أو الخلية المكممة (Quantization Cell) والطريقة الأسهل تكون كالأتي:

نقسم الفضاء اللوني إلى خلايا مناسبة ثم يؤخذ مركز كل خلية بوصفه يمثل مستوى التكميم لتلك الخلية وهذا ما يسمى بـ(Uniform Quantization) فمثلا لو كان لدينا المستوى (L) لمصفوفة مكممة ذات بعد واحد فان(L) تمثل الخلايا المكممة الذي يتراوح بين [Ci-1,Ci] وبأطوال متساوية بحيث [Ci-1,Ci] يساوي قيمه ثابتة عند ذلك فان معدل التكميم في كل خلية يكون كالاتي[3] :

$$Qi=(Ci+Ci-1) / 2 , \quad for\ 1<= i<= L \qquad \ldots(3)$$

وإذا كان النظام اللوني المستخدم هو (RGB) يتم استخدام التكميم المنتظم (Uniform) على كل جزء من الألوان الرئيسية (RGB) على حده، لكن قد لا تعتبر هذه الطريقة هي الأفضل في حالتين[3] [8]:

- حالة كون بعض الخلايا قد لا تحتوي على ألوان تمثل معظم الألوان في الصورة.
- على فرض أن الألوان في الصورة موزعة بشكل غير خطي ومبعثر عند ذلك فان الألوان في بقعة معينة من الصورة قد تكرر بشكل أكثر بكثير من ألوان واقعة في بقعة أخرى.

لكن لو اخترنا طريقة تقسيم جيده بحيث نقلل حجم الخلايا كأن يكون حجم الخلية مثلاً(4*4) فان نسبة الخطأ الناتج من عملية التكميم في كل خلية سيقل لان الألوان المبعثرة تتكرر بشكل أقل عندما يكون حجم الخلية صغيرا.

5-2. التكميم باستخدام القناع (By Mask)

تعتمد عملية التكميم لهذه الطريقة على طريقة ترميز كل نقطة ضوئية(pixel) في الصورة إذ يتم تخصيص رمز وحجم محدد لكل (pixel) فإذا كان (N) يمثل عدد الخانات(Bit) في الرمز المخصص لكل (pixel) فأن عدد الألوان للصورة يساوي(2^N) ويسمى هذا النوع من الترميز (Plus Code Modulation) (PCM)، حيث أن كل لون يتم تمثيله خطياً في مدى أعلى مستوى له (2^N) وكل نقطة ضوئية (Pixel) تحتاج إلى (3N Bit) لأن كل (Pixel) تحتاج إلى (N Bit) لكل لون (RGB) من الـ(Pixel) [9].

تعتمد هذه الطريقة على مبدأ تخفيض عدد الألوان عن طريق أخذ البيانات وتخفيض عدد الخانات(Bits) المخصصة لكل نقطة ضوئية على الشاشة باستخدام العمليات المنطقية (AND/OR)،فلأجراء عملية التكميم يتم إخفاء الخانات(Bits) ألاوطأ عن طريق العملية المنطقية(AND) وبذلك فان عدد الخانات (Bits) المتبقية تقرر عدد مستويات الألوان الناتجة، أما للحصول على الجزء الأعلى من مدى التدرج اللوني فيمكن استخدام العملية المنطقية (OR) كما يمكن استخدام كل من (AND)و(OR) معاً لأجراء عملية التكميم[9] والمثال الآتي يوضح هذه العملية :

لنفرض أننا بحاجة إلى تخفيض بيانات صورة من نوع(8Bit) التي تحتوي على (256) مستوى لونا إلى (32) لونا، في البداية يتم إجراء عملية (AND) مع كل (8Bit) ويكون التمثيل الثنائي لهذه العملية كالاتي(11111000) هذا الرقم هو المكافئ للتقسيم الذي يقابل الخانات(Bit) الثلاثة الاوطأ، ويمكن تسميته بقناع التحويل (Mask)، كما يمكن إجراء عملية إزاحة إلى اليمين (Shift) لثلاث مرات للحصول على القيمة الجديدة للون، وبذلك فان قيمة

المستوى الرمادي الواقعة في المعدل (7-0) تحول إلى الصفر، والمستويات الرمادية في المعـــدل (15-8) تحول إلى 8 وهكذا .

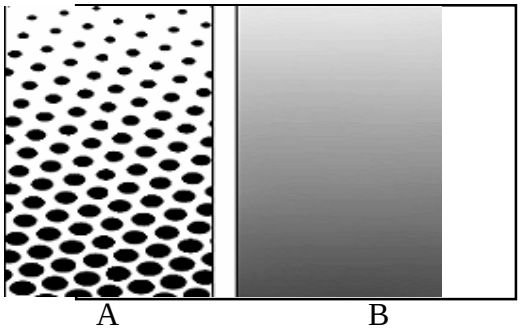
و نلاحظ انه من خلال إخفاء أو إلغاء أوطأ ثلاث خانات (Bits) يمكن تحويـــل (256) مستوى رماديا أو ملونا إلى(32) مستوى رماديا أو ملونا لأن(256/8=32).

باستخدام هذه الطريقة يمكن إن نخفض عدد المستوى الرمادي أو الملون حـــسب عـــدد الخانات المحجوزة لكل (Pixel)سواء كان(2، 4، 8، 32,16، 64، 128، 256،...) تدرجا لونيا إذ يعتمد عدد الألوان الناتجة من كل ترميز حسب عدد الخانات المحددة لكل نقطة ضوئية.

3-5 التكميم باستخدام خوارزمية التدرج اللوني المتناغم (Half toning)

استخدمت تقنية تدرج الألوان المتناغم(Half toning) في السابق في مجال المطبوعات وذلك لتقليل كمية الحبر اللازمة لطباعة الصور ذات التدرج الرمادي في الطابعات النقطية والليزرية ،إذ تقوم تقنية الـــ(Half toning) بعرض الظلال العادية باستخدام نقاط سوداء وبيضاء فقط معتمداً على وضوح أو سطوع الصورة وذلك بوضع النقاط أقرب من بعضها البعض أو فصلها عن بعضها الآخر في الصورة حسب كمية الحبر المتوافرة، فإذا كانت صورة الإدخال نقاطا بيضاء، فستحتوي الصورة الخارجة أو صورة الإخراج على أكثر النقاط الضوئية (Pixels) للواحد في تلك المنطقة، وإذا كان للصورة الداخلة نقاط سوداء ومظلمة، فستكون أغلب الـــ (Pixels) في تلك المنطقة تساوي صفرا، وعند الطباعة تضبط قيم الصورة الإخراج معاكسة لأن النقطة في الطابعة هي سوداء والمسافة هي بيضاء، ومازالت تستخدم هذه التقنية إلى حد الآن في طبع صور الجرائد في بعض الدول الأوربية [2].

والشكل (3-A) يوضح كيفية تمثيل الألوان في الصورة الرقمية في الحاسوب والشكل (3-B) يوضح كيفية رؤيتها من قبل الإنسان عند عرضها سواء على الشاشة أو على الورق.



الشكل (3) يوضح كيفية رؤية العين للنقاط الضوئية في الصورة الرقمية

إن قاعدة هذه الخوارزمية هي طريقة انتشار الخطأ،إذ تتم مقارنة قيمة كل نقطة ضوئية مع نسبة الخطأ التي ستنتج من عملية التكميم ، إذ تنتج الأخطاء نتيجة تحويل صورة رمادية الظل الى صورة تقريباً بواحدات و أصفار فقط، فإذا وصل الخطأ قيمة معينة، تتم أضاءة الـــ (Pixels) ويعاد ضبط الخطأ إذا كان كبيراً، ولتكن صورة الإدخال(I) المتكونة من المتغير (R)ويمثل الصفوف و(C)يمثل الأعمدة، يتم تمثيل نسبة الخطأ بالمتغير((m,n) Eg) وهي الأخطاء الكاملة المولدة في الموقع (m,n) ثم يتم أستخدام طريقة حد العتبة إذا كانت قيمة حد العتبة (T) أكبر من قيمة البداية، يتم ضبط قيمة الـــ ((m,n) Pixel) إلى الواحد ثم تتم إعادة ضبط الخطأ المولد Eg(m,n) وأما إذا كانت قيمة (T) اقل من قيمة البداية،فتحول قيمة الـــ((m,n) Pixel) إلى الصفر ونضبط الخطأ المولد Eg(m,n) إلى قيمة البداية[2].

وقد قمنا في هذا البحث بتطوير الخوارزمية كي تكون ملائمة لعرض الصور على الشاشة وعلى الورق فمن المعلوم أن دقة الصورة على الشاشة هي أعلى بكثير من دقتها على الورق سواء الورق الصقيل أو الخشن الخاص بالجرائد،وذلك بأن غيرنا دالة توزيع الخطأ ففي الخوارزمية الأصلية كانت كالاتي:[0.1, 0.1, 0.6; 0.0, 0.2, 0.0]=Cij ،كما قمنا بتغيير معادلة حساب نسبة الخطأ الكلي للصور الرمادية حيث كانت كالتالي :-Eg(m,n)=T .2*threshold

6.حساب نسبة الخطأ (Quantization Eerror)

مما سبق يمكننا استنتاج أن عملية التكميم تمر بمرحلتين :

الأولى: اختيار حجم خلية التكميم في طريقة (Uniform quantization).

الثانية: اختيار مستوى التكميم(M) ما دمنا قد حددنا الخلية أو النقطة الضوئية التي على أساسها ستكمم إلى القيمة الجديدة وعدد المستويات (M)، يتم اختياره اختيارا حذرا بحيث تكـــون نوعيـــة الصورة الناتجة مقبولة بالنسبة إلى الشخص المشاهد للـــصورة **إن** كانـــت الـــصورة ستـــستخدم لأغراض عامة كأن تكون مناسبة لنوع الشاشة المستخدمة سواء أكانت شاشة حاســبة أم شاشـــة هاتف نقال، أو أن تكون مناسبة للباحث في المجال العلمي وحسب التطبيق الذي يتطلبه البحث.

ونتيجة تغير قيمة كل نقطة ضوئية (pixel) في الصورة سيظهر مـــا يعـــرف بخطـــأ التكميم (Qquantization Eerror) :وهو الخطأ الناتج عن تغيير الألوان في الصور وإعطـــاء كل لون قيمة مقاربة له وليس القيمة الأصلية إذ يحصل تحطيم في الألوان.[3] فمثلا لو كانت Q تمثل خريطة التكميم و(C) هي الألوان التي ستكمم فسيتولد لدينا المعادلة الاتية:

$$C=q(c)+eq \quad \ldots(4)$$

حيث(eq)يمثل خطأ التكميم(Quantization Eerror)أو ضوضـــاء التكمـــيم(Quantization Nnoise).

إن عملية تكميم صورة تعتمد على تكميم كل نقطة في الصورة (Pixel) .لذلك لقيـــاس مقدار التحطيم يجب الأخذ بنظر الاعتبار تكرار اللون في الصورة وليس نسبة التحطيم لكل لـــون على حدة لان مجموع النقاط في الصورة هي التي تعطي النتيجة الكاملة وكلما قلت نسبة الخطـــأ كانت نوعية الصورة أفضل[3]،والمعادلة الاتية توضح عملية حساب مقدار التحطيم في الصورة الناتجة من عملية الكبس أو عملية تكميم الألوان[7]:

$$\mathbf{E^2} = \sum_{(x,y)} \mathbf{(I(x,y)-P(x,y))^2} \qquad \ldots(5)$$

توجد عدة طرائق لحساب نسبة الخطأ في الصور الناتجة، في بحثنا استخدمنا طريقة(RMS) (root–mean-square) لحساب نسبة الخطأ والموضحة في المعادلة الاتية [7]:

$$RMS = \left[\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [I(x,y) - p(x,y)]^2 \right]^{1/2} \qquad \ldots(6)$$

7. الجانب العملي للبحث :

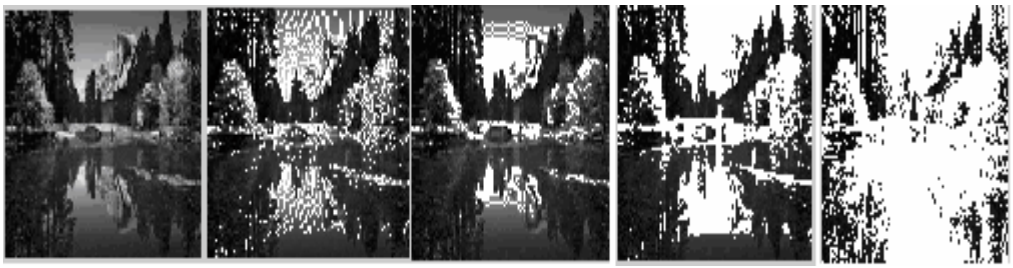
ندرج فيما يأتي خوارزميات الطرائق التي تمت برمجتها مع توضيح الـــصور الناتجـــة ونسبة الخطأ لكل طريقة :

7-1 خوارزمية التكميم باستخدام طريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning):

1-Read the Image
2-set Ep(m,n) and Eg(m,n) to zero
3-if the image is grayscale set C(I,J)=[0.5 0.0 0.0 **;** 0.0 0.0 0.0] and if the Image is colored set C(I,J)to : [0.5 0.1 0.0 **;** 0.1 0.0 0. 0]
4-Specify the Threshold.
5-Loop m =1 : Row
Loop n =1 : Column
6-for i=1:2
for j=1:3
7-Calculate Ep(m , n) = Ep(m,n) + C(I,j) * Eg((m-i+1),(n-j+1)) where :
Ep(m,n): sum of the errors propagated to position(m, n)
Eg(m,n): the total errors generated at position(m, n)
C(i , j) : the error distribution function with i Row and j Column.
8- Calculate the value T
T = I(m , n) + Ep(m ,n)
I(r ,c) = input image with r Row and c Column.

9-IF T >Threshold
Go to the steps (10) and (11) then go to step 3
Else
Go to the steps (12)
10-Set I(m , n) =T
11- if the image is colored set Eg(m,n)= (T – 2 * Threshold) and if its Gray scale
set Eg(m,n)= (T – Threshold)
12-Keep I(m , n)
13-end

بعد برمجة الطريقة حصلنا على النتائج الاتية الموضحة في الشكل (4)



a-256 Level b-Original c- T=127 d- T=64 e- T=32 algorithm with T= 127

الشكل (4)يوضح تكميم صورة في الشكل(a) باستخدام خوارزمية (Half toning)الأصلية والمعدلة

تم استخدام دالتين لحساب الخطأ المولد (Cij)واحدة للصور الملونة وأخرى للصور الرمادية كما تم تغيير قيمها كي تناسب الصور الملونة أو الرمادية، كما أن معادلة حساب نسبة الخطأ(Eg) للصور الرمادية لا تناسب الصور الملونة لذلك تم تغييرها كما موضح بالخوازمية في الخطوة (11).

2-7خوارزمية التكميم باستخدام العمليات المنطقية (By mask):

1- Read the Image .
2- Specify the new gray or color Level.
3- Set Mask = 0 .
4- Loop i =1 : new Level.
5- Calculate the Mask value(the value of the masked bits) :Mask = Mask +2 ^ (8-i).
6- end loop i.
7- Loop r =1 : Row
Loop c =1 : Column

8- I2 = Bit and (I1(r , c) , Mask). (And Operation to eliminate the low bits)

where I1(r ,c)=input image with r Row and c Column , and I2(r ,c) = output image.

9- End loop r

10- End loop c

عند برمجة الخوارزمية استخدما الخطوة (5) للحصول على الرقم الـذي يمثـل عـدد الخانات التي سيتم إلغاؤها ثم يتم إجراء عملية (And) للحصول على رقم يمثل قيمة اللون النـاتج وبعد برمجة الطريقة حصلنا على النتائج الاتية كما في الشكل (5) :

a-No.of bits=24 b-No.of Bits=16 c- No.of Bits=8 d- No.of Bits=4

الشكل (5) يوضح عملية تكميم صورة ذات (24Bit) الى(16Bit)، (8Bit) ،(4bit) بطريقة(By mask)

والجدول الآتي يوضح نسبة الخطأ الناتجة عن تطبيق الخوارزميتين الـسابقتين علـى الـصور المدرجة أعلاه.

الجدول (2) يوضح نسبة الخطأ للطريقتين السابقتين

طريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning)		طريقة القناع (By mask)	
حد العتبة	نسبة الخطأ	عدد الألوان الناتجة	نسبة الخطأ
T=127	0.1487	65536=(16Bit)	0.0152
T=64	0.4024	256=(8Bit)	0.1549
T=32	0.6792	16=(4Bit)	0.2564

وعند تطبيـق خوارزميـة (Half toning) الأصـلية عنـد حـد عتبـة(127) كانـت نـسبة الخطأ(0.2778)

3-7خوارزمية التكميم الخطي (Uniform quantization):

في بحثنا هذا طورنا الخوارزمية بحيث يمكن الحصول على أكثر من صورة بأكثر من تدرج وذلك بمعالجة قيمة التكميم لكل خلية بحيث تم تقليل قيمة التكميم لكل خلية بنسبة معينة للحصول على ألوان وتدرجات أقل من التدرجات التي نحصل عليها من استخدام مستوى واحد وحسب قيمة مركز كل خلية.

1- Read the Image .
2- Specify the quantization Level for each cell
3- Loop r =1 : end row of cell
   Loop c =1 : end Column of cell
4- Loop rc =1 : 4 (cell size)
   Loop cc =1 : 4 (cell size)
5-Calculate the value the quantization level (Qlevel)
6-L1= in(r,c).
7-L2=L1+1.
8-I2(r, c) = (L1) + (L2)/2 .
9- End loop rc ,
10-End loop cc
11-to have more than one result calculate the quantization percent else go to step 12
12-For each pixel in the image the output image will be Out (r ,c) = I2 *Qlevel
13-End loop r
14-End loop c

بعد برمجة الطريقة حصلنا على النتائج الاتية كما في الشكل (6) إذ أن الصورة (2) ناتجة من تطبيق الخوارزمية دون معالجة قيمة التكميم الخاصة بكل خلية إذ نلاحظ أنه يصعب التفريق بينها وبين الصورة الأصلية إذ تم اختيار حجم الخلية (2*2) كي تكون الصورة الناتجة جيدة وبنسبة خطأ قليلة ،عند تطبيق الخوارزمية الأصلية نحصل على صورة واحدة فقط مكممة بنسبة تكميم لا نستطيع معرفتها وبعدد ألوان لا يمكن التحكم بها وللحصول على أكثر من صورة قمنا بتقليل عدد الألوان في كل خلية بحيث تمثل نسبة (20%) من معدل نسبة التكميم الأصلية الخاصة بكل خلية كما في الشكل (6-c) أو (4%)كما في الشكل رقم(6-d) وذلك للحصول على صورة ذات تدرجات أقل وبعدد ألوان أقل مما لو تم تطبيق الخوارزمية الأصلية وذلك عند الحاجة للحصول على أكثر من صورة ويمكن للباحث استخدام أية نسبة يرغب فيها والجدول الآتي يوضح نسبة الخطأ عند تطبيق الخوارزمية:

الجدول (3) يوضح نسبة الخطأ لطريقة التكميم المنتظم

قيمة التكميم لكل خلية بطريقة (Uniform)	نسبة الخطأ
حسب قيمة التكميم في الخوارزمية الأصلية لكل خلية	0.0015
قيمة التكميم تعادل 70%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0053
قيمة التكميم تعادل 20%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0168
قيمة التكميم تعادل 4%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0796

a-Original image b-Using original algorithm c- Q=70% d- Q=20% e-Q=4%

الشكل (6) يوضح عملية تكميم صورة ذات (24Bit) باستخدام التكميم المنتظم

نلاحظ انه عند اختيار قيمة نسبة التكميم تساوي (70%) حصلنا على صورة مشابهة للصورة الناتجة من تطبيق الخوارزمية الأصلية،وبنسبة خطأ متقاربة.

الصور المدرجة أدناه توضح نماذج لصورة ملونة ذات (24Bit) من نوع (Bmp) تم تطبيق الخوارزميات السابقة عليها.

1-التكميم بطريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning quantization)

a-Original image b-Original algorithm with T= 127 c- T=127 d- T=64 e- T=32

الشكل (7) يوضح تكميم صورة ملونة باستخدام خوارزمية (Half toning) الأصلية(b) والخوارزمية المطورة في بحثنا(c,d,e)

2-التكميم بطريقة العمليات المنطقية (Quantization By mask)

a-No.of bits= 24 b-No.of Bits= 16 c- No.of Bits= 8 d- No.of Bits= 4

الشكل (8) يوضح عملية تكميم صورة ذات (24Bit) الى(b-16Bit)،(c-8Bit)،(d-4bit) باستخدام العمليات المنطقية

3- بطريقة التكميم المنتظم (Uniform quantization)

a-Original image b-Using original algorithm c- Q=70% d- Q=20% e-Q=4%

الشكل (9) يوضح عملية تكميم صورة ذات (24Bit) باستخدام خوارزمية التكميم المنتظم (b) والخوارزمية المحدثة في بحثنا(c,d,e)حيث (Q) تمثل نسبة التكميم

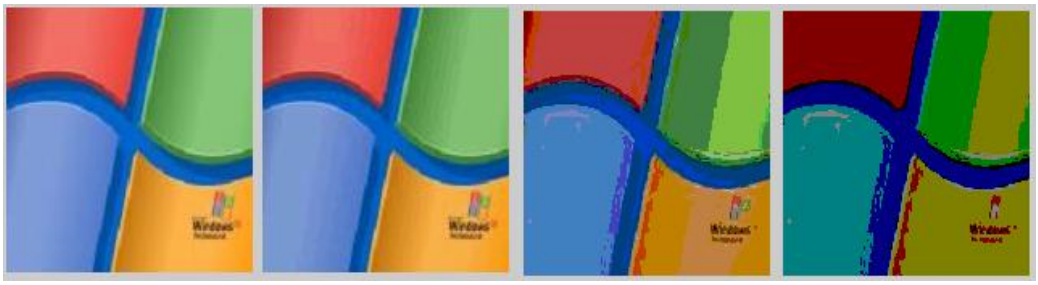
إن نتائج تطبيق خوارزميات تكميم الألوان تختلف حسب محتويات وتفاصل وتوزيع الألوان في الصورة، لذا نوضح فيما يأتي نتيجة تنفيذ خوارزميات تكميم الألوان على صورة ملونة ذات (24Bit) من نوع(Jpg) تحتوي على مساحات لونية كبيرة وبتفاصيل قليلة، وقد وجدنا عند معالجة صورة ملونة باستخدام خوارزمية(Half toning) أنه يمكن تغيير معادلة حساب نسبة الخطأ المذكورة في الخطوة (11) من الخوارزمية إلى(Eg(m,n)= (T –3* Threshold ،حيث تعطي نتائج أفضل للصورة ذات المساحة اللونية الكبيرة،إذ نلاحظ شدة سطوع الألوان الأساسية والأكثر تكرارا في الصورة كما يمكن معرفة الألوان الموجودة في الصورة التي لا تميزها عين الأنسان كما في الشكل (10-d)وهذا مفيد في بعض تطبيقات معالجة الصور التي تحتاج الى استخلاص وتمييز وتتبع الألوان الفعلية في الصور.

1-بطريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning quantization)

a-Original image b -T=127 using Original algorithm c-T=127 d-T=64 e-T=127chang Eg(m,n)

الشكل (10) يوضح عملية التكميم باستخدام خوارزمية(Half toning)الأصلية(10-b) والمطورة في بحثنا في الأشكال(10-c,d) وعند تغيير معادلة حساب نسبة الخطأ الشكل (10-e)

2-التكميم بطريقة العمليات المنطقية (Quantization By mask)



a-Original image b-No.of Bits= 16 c- No.of Bits= 8 d- No.of Bits= 4

الشكل (11) يوضح عملية تكميم صورة ذات (24Bit) الى(b-16Bit)،(c-8Bit)،(d-4bit)

3-بطريقة التكميم المنتظم (Uniform quantization)

a-Original image b-Original algorithm c- Q=60% d- Q=10% e-Q=4%

الشكل (12) يوضح عملية تكميم صورة ذات (24Bit) باستخدام خوارزمية التكميم المنتظم (b) والخوارزمية المحدثة في بحثنا(12-c,d,e)حيث (Q) تمثل نسبة التكميم

فيما يأتي نوضح نسبة الخطأ الناتجة عند تطبيق الخوارزميات المذكورة على الصور الملونة:

الجدول (4) يوضح نسبة الخطأ لطريقة التدرج اللوني المتناغم وطريقة القناع للصورة الملونة الموضحة في الشكلين (7,8).

طريقة التدرج اللوني المتناغم(Half toning) الشكل (7)		طريقة القناع (By mask) الشكل (8)	
حد العتبة	نسبة الخطأ	عدد الألوان الناتجة	نسبة الخطأ
T=127	22.633	65536=(16Bit)	0.1080
T=64	29.5009	256=(8Bit)	0.154
T=32	38.7195	16=(4Bit)	0.2732

وعند تطبيق خوارزمية(Half toning) الأصلية كما في الشكل (7-b) كانت نسبة الخطأ (26.7090)عند حد العتبة (T=127)

الجدول (5) يوضح نسبة الخطأ لطريقة التكميم الخطي (Uniform quantization) للصورة في الشكل (9).

قيمة التكميم لكل خلية بطريقة (Uniform)	**نسبة الخطأ**
حسب قيمة التكميم في الخوارزمية الأصلية لكل خلية	0.0159
قيمة التكميم تعادل 70%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0022
قيمة التكميم تعادل 20%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0143
قيمة التكميم تعادل 4%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0713

الجدول (6) يوضح نسبة الخطأ لطريقة التدرج اللوني المتناغم وطريقة القناع للصورة الملونة الموضحة في الشكلين (10,11).

طريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning) شكل رقم(10)		طريقة القناع (By mask) شكل رقم(11)	
حد العتبة	نسبة الخطأ	عدد الألوان الناتج	نسبة الخطأ
T=127	29.887	65536=(16Bit)	0.0291
T=64	35.2407	256=(8Bit)	0.2340
T=127عند تغيير معادلة حساب الخطأ	28.3667	16=(4Bit)	0.5186
T=127 باستخدام الخوارزمية الأصلية	39.6634		

الجدول (5) يوضح نسبة الخطأ لطريقة التكميم الخطي (Uniform quantization) لصورة في الشكل (12).

قيمة التكميم لكل خلية بطريقة (Uniform)	نسبة
حسب قيمة التكميم في الخوارزمية الأصلية لكل خلية	0.0032
قيمة التكميم تعادل 60%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0055
قيمة التكميم تعادل 10%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0319
قيمة التكميم تعادل 4%من معدل قيمة التكميم لكل خلية	0.0841

8-الاستنتاجات والتوصيات

بعد تطبيق خوارزميات التكميم على صور من نوع (Jpg) و(Bmp)لاحظنا ما يأتي:

1- تعتمد طريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning) على مبدأ طريقة حد العتبة(Threshold) لكن يمكن اعتبارها طريقة محسنة فهي ذات كفاءة في حالة تقليل ألوان الصور ذات التدرج الرمادي لمعظم الحالات أما الملون فهي ممتازة في حالة حد العتبة تساوي (127)،مقارنة مع باقي الحالات(T=64,32)، وبالرغم من أن نسبة الخطأ للصور عالية لكنها تعتبر مقبولة.

2-من خلال التجارب وجدنا أنه يمكن استخدام طريقة التدرج اللوني المتناغم (Half toning) كمرشح لتحسين الصور المعتمة لأنها تقوم بحساب نسبة الخطأ لكل(Pixel) وهذا يؤدي الى زيادة سطوع وبريق الألوان كما واضح في الشكلين (7-c)و(10-c,e)،لذلك نقترح تطوير الخوارزمية لاستخدامها في تحسين الصور المشوهة، كما يمكن الاستفادة منها في تحليل ألوان الصور الملونة وكذلك الاستفادة من الخوارزمية كطريقة لعزل الألوان في الصور الملونة وعزل المناطق البيضاء عن المناطق الغامقة في الصور ذات التدرج الرمادي.

3-يمكن اجراء العديد من التغييرات على خوارزمية (Half toning) والتغيير يكون على دالة الخطأ المولد(Cij) وقد قمنا بتجربة إضافة عمود للمعادلة فحصلنا على نتائج مشابهة للتي حصلنا عليها ولكن في بعض الصور كانت نسبة الخطأ أعلى لذا وجدنا أن الصيغة المدرجة في البحث هي الأفضل ،كما يمكن تغيير عناصر هذه الدالة للحصول على عدة نتائج وأيضا يمكن تغيير معادلة حساب نسبة الخطأ ((Eg(m,n)) للحصول على نتائج تختلف باختلاف توزيع الألوان في الصور وباختلاف حد العتبة.

4-طريقة التكميم باستخدام العمليات المنطقية (By mask):كانت ممتازة عند التحويل الى (16Bit) بحيث يصعب تفريق الصورة الأصلية من الصورة الناتجة ولم يحصل تغيير في بريق الألوان وكانت نسبة الخطأ قليلة، لكن تقل جودة الصورة كلما قللنا عدد المستويات، ومشكلتها أنها غير مرنة ما دامت تعتمد فقط على تغيير حجم الخانات لكل نقطة ضوئية.

5-في طريقة التكميم المنتظم (Uniform quantization) نلاحظ أنه بالرغم من أن العمليات الحسابية فيها سهلة،لكنها لا تعتبر طريقة ممتازة لأن ألوان الصورة الناتجة حصل فيها بعض التغيير ونلاحظ تغير في شدة اللون الناتج من عملية التكميم في جميع المستويات،لكنها حافظت على تفاصيل الصورة ولم تظهر مشكلة تداخل الألوان بشكل واضح كما في باقي الطرائق،ولذلك كانت نسبة الخطأ فيها قليلة، كما يمكن ملاحظة ان الخوارزمية المعدلة أعطت صورة مشابهة للصورة الأصلية وبنسبة خطأ أقل عند أخذ نسبة (70%) من قيمة التكميم الأصلية الخاصة بكل خلية،كما في الشكل (c-9)وتختلف النتائج بحسب توزيع الألوان في كل صورة.

6-أعطت خوارزميتا التكميم (By mask) و(Uniform) نتائج مقاربة في الصور التي تحوي تفاصيل قليلة كما في الشكلين(11,12) والصور ذات التفاصيل الكثيرة كما في الشكلين(8,9) كما كانت نسبة الخطأ قليلة وبالرغم من أن نسبة الخطأ الناتج من تطبيق خوارزمية (Uniform)هي الأقل لكن نلاحظ أن الصورة بطريقة (By mask)تبدو مقاربة للصورة الأصلية بشكل أوضح، أما خوارزمية (Half toning) فقد أعطت نتائج أفضل في الصور ذات التفاصيل الكثيرة كما في الشكل (7) لكن نسبة الخطأ فيها كانت أعلى من نسبة الخطأ في باقي الطرائق.

7-يمكن الاستفادة من طرائق تكميم الألوان ليس في المجال العلمي أو لغرض توافق الصور على مختلف الحاسبات فقط بل يمكن استخدامها في الهواتف النقالة التي يكون فيها نوع الشاشة ذا كثافة نقطية قليلة، إذ أن عملية تكميم الألوان مفيدة بشكل كبير لمثل هذه النوعية من الهواتف لكون أيضاً حجم الشاشة صغيرا أيضا ولا يمكن للمستخدم ملاحظة جميع الشوائب الناتجة عن عملية التكميم كما لو في شاشة الحاسوب .

المصادر

[1] Donald, Hearn and M. pauuline Baker (1997) “Computer graphics C version" Prentice Hall, New jersey.

[2] Dwayne, Philips (1993) "Image processing Inc, Analyzing and enhancing digital images", New Jersey: Prentice Hall.

[3] Jonas, G. and Luiz V. (1997) "image processing for computer Graphics", New York: Springer.

[4] Larrey Foot, "Understanding The Common computers" http://www.footfamily.org.

[5] Nelson, J. (1987) "Advanced graphic Programming and Techniques" California: Mc Graw-hill.

[6] Pratt, willeam. K. (1976),“Digital Image Processing” ,A wiley-interscience publication by John wiley &sous,inc.

[7] Rafael, C. Gonzalez ;Richard, E. Woods and Steven L. Eddins, ”Digital image Processing using matlab",(2004.) New jersey: Prentice Hall.

[8] Rafael, C. Gonzalez., and Woods, R. E.(2002), Digital Image Processing ”,2nd edition , New jersey: Prentic Hall.

[9] Umbaugh, Scott E., (1998) ”Computer Vision and Image Processing Apractical Approach using CVIP tools”, Practice Hall PTR.

[10] Young, I. T.; Gerbrands, J. J. and Vanvliet, L. J., (2000), ”Fundamentals of mage processing ”, Delft university, Technologey,Delte.