تحسين موازنة الالوان للصور الفوتوغرافية الرقمية

زهراء مازن القطان
مدرس مساعد
قسم هندسة البرمجيات

د. منار يونس احمد كشمولة
أستاذ مساعد
قسم علوم الحاسوب

الخلاصة

قد يؤثر الاستخدام الغير جيد للإضاءة الصحيحة لحظة التقاط الصورة على معالمها، من حيث نصوع الألوان وزيادة طغـيان لون معيـن على الصورة وهـوالـ (color cast)، مما يسبب ظهور الصورة بالمستوى الغير مقبول والغير متوقع. لذا ظهرت عدة خوارزميات لمعالجة هذه المشاكل وموازنة الوان الصورة واستعادة ألوان المشهد الحقيقي . في هذا البحث تم تطوير خوارزمية اعتمدت على بعض العوامل الاحصائية منها المعدل والتباين والدائرة المكافئة (Mean ,Variance ,Equivalent circle) والتي ادت الى اكتشاف اللون المؤثر في الصورة الذي يؤدي الى تغيير طبيعة ألوانها (color cast) وتصنيفه الى احد أنواعه وهي الـنوع الواضح ، والـنوع السائد او النوع الغامض أو أنه غير موجود في الصورة، ومن ثم إزالة هذا التشويه منها واستخدام شبكة انتشار الخطأ خلفا في تصنيف الصور الى حاملة للـون الطاغي او غير حاملة. وقد طبق هذا البحث على الصور الفوتوغرافية الرقمية الملونة من نوع (BMP). وقد استخدمت صور ملونة يصل عددها الى (100) صورة ، هذه الصور تحوي على جميع أنواع الـ (color cast) الذي تم اكتشافه من قبل الخوارزمية ومن ثم تصنيفه و إزالته من الصورة. حيث كانت نسبة الصور التي لاتحمل لون طاغي(no cast) (27%) والصور التي تحمل لون طاغي واضح(evident cast) (25%) أما الصور التي تحمل لون طاغي غامض (ambiguous cast) فكانت نسبتها (16%) ، وأخيرا فان الصور التي صنفت أنها ذات لون طاغي سائد (predominant color) بلغت نسبتها (12%) فضلا عن ان هناك (20%) من الصور قد صنفت على نحوخاطئ.

An Improvement of Color Correction for Digital Photographs

Zahraa Mazin Al – Kuttan
Ass.lecturer
Dept. of Software Engineering

Dr. Manar Y. Kashmola
Ass.Prof.
Dept. of Computer Science

Abstract

In other way misuse of correct illumination at the capture moment could affect the image landmarks ; regarding color brightness and the increasing "color cast " which might cause the image to appear in an unacceptable Or unexpected manner. Thus; several algorithms have been developed to solve these problems and balancing image color and recover the real color of the landscape.

In this research an algorithm has been developed, depending on some statistics tools like (Mean, Variance and Equivalent Circle). Which leads to finding out the influential color in the image which leads to the alteration of the nature of its colors. It is called "color cast ". It could be classified into evident cast, predominant color, ambiguous cast or no cast. Then removing the cast distortion from the image and using error back propagation network for images classification into color cast carrier or uncarrier. This research has been applied on colored digital photos (BMP). More than (100) colored images were also used containing all sorts of color cast that will be found out, classified and finally removed from the image by using algorithm. The percentage of images which have no cast are (27%),The images have evident cast are (25%), where the images which have ambiguous cast are (16%),At the last ;the images which classified as predominant color are (12%),as well as there are (20%) of images classified as wrong ,

تمهيد

إن الانتشار الكبير للكاميرات الرقمية والاستخدام الواسع للانترنيت ، قد انتجا عدداً هائلاً من الصور الرقمية والتي التقطت عموماً بوساطة أجهزة تصوير مختلفة غير معروفة تحت ظروف اضاءة غير محددة ، مما جعل موازنة خواص المشهد الحقيقي واستعادتها امراً ضروريا .

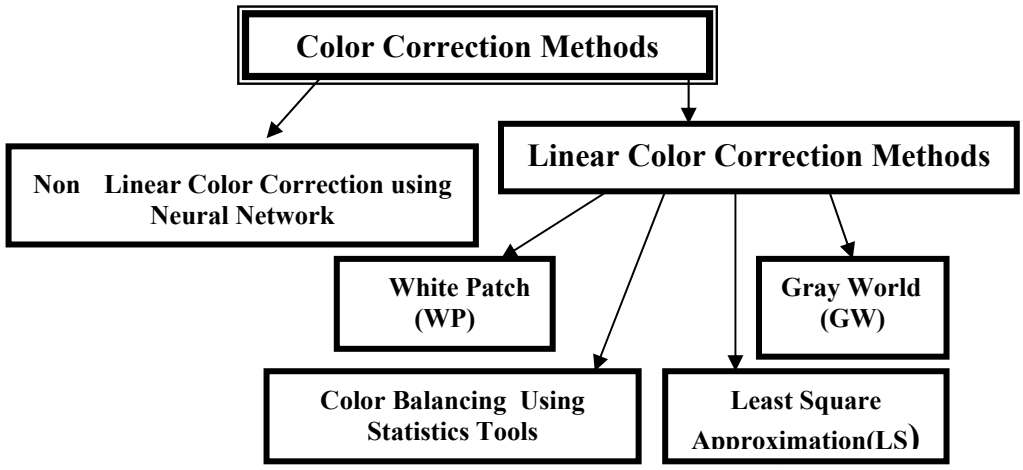
وغالباً ما تحسن نوعية هذه الصور بطريقة المعالجة الرقمية للصورة ، ومن النقاط الاساسية في مجال معالجة الصور : كبس الصورة وتحسين الصورة واستعادة الصورة وتجزئة الصورة ، ..الخ [١] [٣] .

لذا ومن خلال هذا البحث تم التطرق الى احد مجالات تحسين الصورة في موازنة الوانها وذلك بتطوير خوارزمية للتحري والكشف عن طغيان لون معـين على الصورة، وازالته من الصورة الفوتوغرافية الرقمية من دون معرفة مسبقة بمحتواها اللقطي . ونتيجة لاستخدام كاميرات رقمية مختلفة النوعية والتقاط الصور تحت ظروف اضاءة مختلفة ، فقد تختلف طبيعة الوان الصورة مع احتمال ظهور تشويه فيها وهو مايسمى باللون الطاغي.

يبدأ الكشف عن اللون الطاغي في البداية باستخدام عمليات إحصائية على مكونات الصورة (تدرجات الالوان)، ثم تصنف الصورة بوصفها لا تحتوي على لون طاغي(no cast)، أوتحتوي على لون طاغي واضح، أو لون طاغي غامض، أو هو لون طاغي سائد تجب المحافظة عليه (كما في الصور تحت الماء). بعد ذلك يزال اللون الطاغي الذي اكتشف باستخدام خوارزمية إزالة الـ cast ، وذلك لحالتي اللون الطاغي الغامض واللون الطاغي الواضح فقط .

طرائق تصحيح ألوان الصور الفوتوغرافية الرقمية

من أجل حل مشكلة تصحيح اللون هناك عدد من الطرائق لتصحيح الوان الصورالفوتوغرافية الرقمية ، والتي يمكن تقسيمها الى قسمين رئيسين هما طرائق تصحيح اللون الخطية (Linear color correction methods) وتصحيح اللون لاخطياًباستخدام الشبكة العصبية (Non linear color correction using neural network). ويبين الشكل (١) المخطط العام لطرائق تصحيح اللون.



الشكل (١) طرائق تصحيح اللون

أ- طرائق تصحيح اللون الخطية

وتشمل عدداً من الطرائق منها طريقة العالم الرمادي(Gray World) التي تفترض ان متوسط اللون في صورة ما هو اللون الرمادي، وطريقة الرقعة البيضاء(White Patch) التي تفترض ان القيمة العظمى لكل قناة لونية هي اللون الابيض التام ، وطريقة تقريب المربع الادنى (Least Square Approximation) [10].

١- العالم الرمادي ((Gray World(GW)

تفترض هذه الطريقة ان معدل اللون لصورة ما هو قيمة معينة هي اللون الرمادي (gray) ، فمثلا نصف قيمة الكثافة العظمى لمكونات كل لون هي (128,128,128)، واستنادا الى هذه الفرضية تصحح الوان الصورة من خلال المصفوفة القطرية (١) .

$$\left.\begin{aligned} R_n &= R_o * 128/\overline{R} \\ G_n &= G_o * 128/\overline{G} \\ B_n &= B_o * 128/\overline{B} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١)$$

إذ تمثل (R_o, G_o, B_o) لون الصورة المراد تصحيحه و(R_n , G_n , B_n) تمثل اللون المصحح ، و $(\overline{R},\overline{G},\overline{B})$ تمثل معدل مكونات الصورة من كاميرا تعد مرجعاً أو مصدراً ، فضلاً عن القيمة الثابتة (128) التي تعد شرطاً من شروط هذه الطريقة ، مع ملاحظة وجوب ان يكون توزيع لون الكاميرا المرجع متوازناً على نحو جيد ، والإ تسبب في إضافة مشكلة الى الصورة [١٢] [8].

٢- الرقعة البيضاء ((White Patch (WP)

وهذه الطريقة شبيهة بطريقة العالم الرمادي مع اختلاف يتمثل في ان القيمة العظمى لكل قناة لونية يجب ان تتطابق مع اللون الابيض التام ، بمعنى ان (255,255,255) لكل قيمة من قيم RGB أي قيمة اللون الاحمر = 255 ، واللون الاخضر = 255 واللون الازرق= 255 وبالإعتماد على هذه الفرضية تصحح الوان الصورة من خلال المصفوفة القطرية (٢) .

$$\left.\begin{aligned} R_n &= R_o * 255/R_m \\ G_n &= G_o * 255/G_m \\ B_n &= B_o * 255/B_m \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

إذ تمثل (R_o, G_o, B_o) لون الصورة المراد تصحيحه و (R_n, G_n, B_n) تمثل اللون المصحح ، و (R_m, G_m, B_m) تمثل المكونات (القيم) العظمى الملاحظة للون في القنوات الثلاث على التتابع في كاميرا تعد مرجعاً ، مع ملاحظة ان يكون توزيع لون الكاميرا متوازناً على نحو جيد كذلك ، اما القيمة (255) فهي قيمة ثابتة تعد شرطاً من شروط هذه الطريقة [١٢] .

٣- تقريب المربع الادنى ((Least Square Approximation (LS)

أظهرت بحوث كثيرة أن المصفوفة التي اعتمدت في الطريقتين السابقتين، لتصحيح اللون هي حالة غير عامة في المشاهد المعقدة ، لذا فقد استخدمت في التصحيح مصفوفة كاملة للتحويل (٣) .

$$(C_1', C_2', \ldots, C_n') = T.(C_1, C_2, \ldots, C_n) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

إذ ان C_i (i=1,2,…n) تمثل قيم مجموعة الالوان المراد تصحيحها و C_i' (i=1,2,…n) تمثل قيم الالوان المصححة ، اما T فهي مصفوفة التحويل بين الالوان ويمكن تخمينها باستخدام طريقة تخمين مربع الخطأ [١٢] .

ب- تصحيح اللون لاخطياً باستخدام الشبكة العصبية

ان الطرائق السابقة جميعا مبنية على النماذج الخطية التي تظهر احياناً عدم كفاءتها وخصوصاً في المشاهد المعقدة، لذلك فقد استخدم عدد من الباحثين النماذج اللاخطية التي تتضمن الشبكة العصبية الاصطناعية لتصحيح الوان الصورة .[2].

استخدمت الشبكة العصبية الاصطناعية للانتشار الخلفي(BPNN) لتصحيح الوان الصورة. وتتكون هذه الشبكة من طبقة الادخال وطبقة الاخراج، مع طبقة مخفية، إذ المدخلات هي قيم المصدر RGB ، والمخرجات هي قيم الـ RGB المصححة [٦] .

تحاول هذه الشبكة تقليل الأخطاء بين الالوان المخمنة (المتوقعة) والالوان الحقيقية عن طريق تدريب الشبكة الى ان يتم الحصول على اقل خطأ فيتوقف التدريب عندذاك ، ولينتج التصحيح الأمثل لالوان الصورة .

خوارزمية موازنة الوان الصور الفوتوغرافية الرقمية

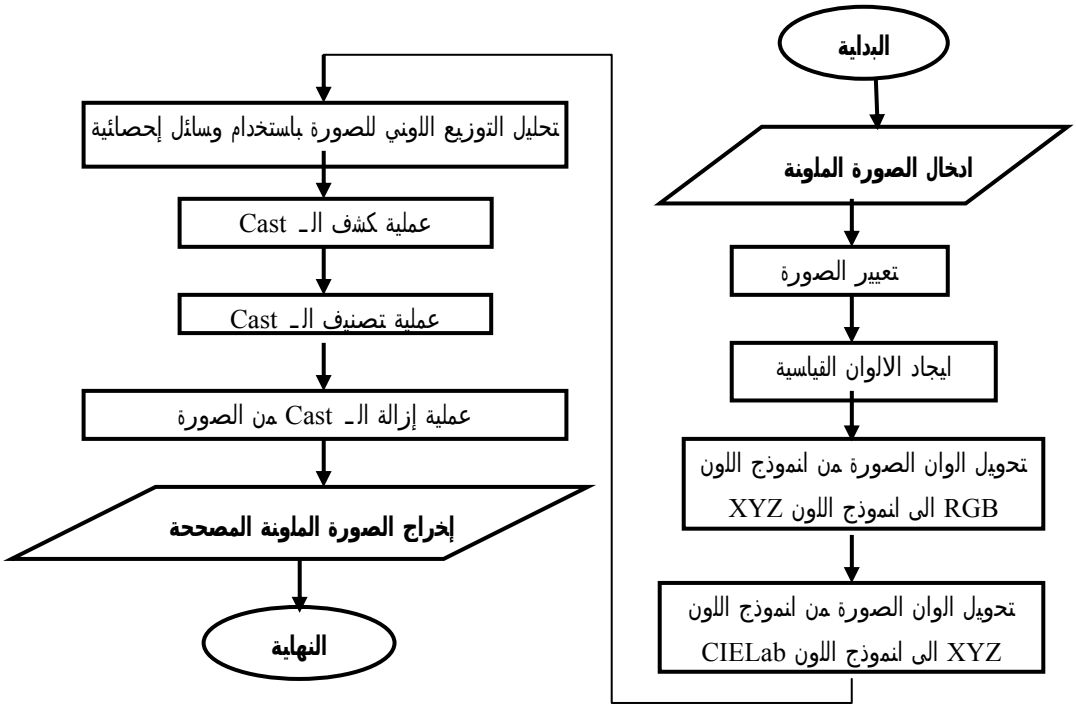
تتكون هذه الخوارزمية من ثلاثة اجزاء رئيسية هي :

١- (Cast Detection) وهي عملية الكشف والتحري عن اللون الطاغي في الصورة .

٢- (cast classification) وهي عملية تصنيف اللون الطاغي الى احد انواعه .

٣- (Cast Removal) وهي عملية ازالة الـ (color cast) من الصورة الذي أوجد في المرحلة الاولى من الخوارزمية ، وإعادة الوان المشهد الحقيقي للصورة .

ويمكن تمثيل المراحل التي سوف تعتمد في الخوارزمية بالمخطط الصندوقي الموضح في الشكل (٢) .



الشكل (٢) مخطط صندوقي يوضح مراحل الخوارزمية

تعيير الصورة

لغرض تنفيذ هذه الخوارزمية يجب ان نقوم اولا بتحويل بيانات الصورة من ارقام صحيحة (integer number) الى ارقام حقيقية (real number) لكي تكون بيانات الصورة ضمن المدى [0 . . 1] ، وتسمى هذه العملية بعملية تعيير الصورة (Normalization). وبما ان الصورة التي استخدمت في البحث هي من نوع 24-bit map فان كل قناة لونية (ازرق ، اخضر ،احمر) تتألف من (8- bit) .

وتتم عملية التعيير هذه عن طريق قسمة قيم كل قناة لونية على (255.0) وبحسب المعادلة (٤) .

$$\left.\begin{aligned} R^* &= R_{8bit} / 255.0 \\ G^* &= G_{8bit} / 255.0 \\ B^* &= B_{8bit} / 255.0 \end{aligned}\right\} \quad \text{.....(٤)}$$

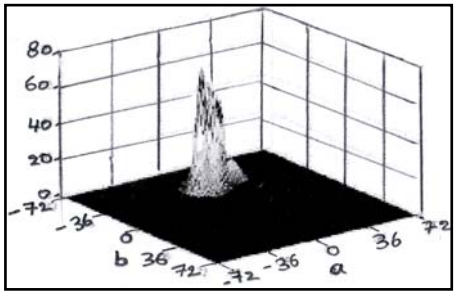
اذ ان : $R_{8bit}, G_{8bit}, B_{8bit}$ تمثل قيم RGB الحقيقية للصورة .

R^*, G^*, B^* تمثل قيم RGB بعد تطبيق عملية التعيير .

تحليل التوزيع اللوني للصورة باستخدام وسائل احصائية

ان توزيع التدرج اللوني للصورة يمثل في حيزال ـ(CIELab)بايجاد القيم a، b، L، أي ان التوزيع اللوني للصورة سوف يحدد في المستوي (ab) اي على طول المحورين اللونيين a و b [14]. ومثالاً على ذلك يبين الشكل (٣) (a) صورة معينة يكون توزيعها اللوني كما مبين في الشكل (٣) (b) .

الشكل (٣)(a)صورة رقمية ملونة



الشكل (٣) (b) التوزيع اللوني للصورة في الشكل (٣) (a)

ان توزيع اللون يكون ممثلا باستخدام المعادلات (٥)و(٦) مع الأخذ بالحسبان ان k=a ,b .

$$\text{Mean :} \quad \mu_K = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} k_i \qquad (5)$$

$$\text{Variance :} \sigma_k^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(k_i - \mu_k)^2 \qquad (6)$$

إذ أن : μ_k تمثل المعدل (mean) . σ_k^2 تمثل التباين(variance). n تمثل عدد الوحدات الصورية في الصورة . وبعد ايجاد المعدل وتباين الصورة لكل من قيم a و b ، اي على طول المحورين اللونيين a و b. تستخدم هذه القيم في حسابات الدائرة المكافئة EC (Equivalent Circle) التي تكون مرتبطة بالتدرج الخاص بالالوان ، والواقعة ضمن المستوي اللوني (ab) إذ يكون المركز لهذه الدائرة هو :

Center : $c = (\mu_a, \mu_b)$ (7)

ويمثل كل من μ_a و μ_b معدل a و b على التوالي .

ويرمز لنصف القطر (radius) لهذه الدائرة (EC) بالرمز (σ) ، الذي يعد مقياساً لكمية انتشار الشكل المعرف (EC) في المستوي ab ، ويحسب بالمعادلة (٨) .

Radius : $\sigma = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}$ (8)

إذ أن : σ_a^2 و σ_b^2 تمثل قيم التباين لـ a و b .

بعد ذلك يحسب البعد بين نقطة المركز للدائرة (EC) ونقطة الاصل (a=0,b=0) ، باستخدام المعادلة (٩) .

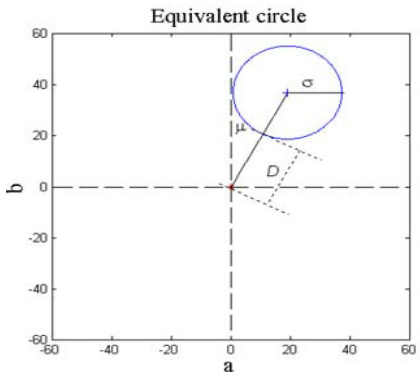
$$\mu = \sqrt{\mu_a^2 + \mu_b^2} \qquad (9)$$

وبايجاد قيم (μ) و (σ) سوف تحسب المسافة (Distance) التي تمثل بعد الشكل(EC) بأكمله عن المحور الحيادي(a=0 , b=0)وذلك عن طريق المعادلة(١٠) .

Distance : $D = \mu - \sigma$ (10)

واخيرا تحسب النسبة (ratio) بين D و σ التي عن طريقها تحدد قوة الـ cast في الصورة [٧][13] ، بالمعادلة (١١)

Ratio : $D_\sigma = D / \sigma$ (11)



(a) **(b)**

الشكل (٤)(a) صورة تحتوى على evident cast . (b) الدائرة المكافئة للصورة فى (a)

ويبين الشكل (٤) (a) صورة تحمل لون طاغي واضح وان (b)تمثل الـ(EC) للصورة بعد تطبيق الخوارزمية عليها.

كشف اللون الطاغي وتصنيفه

ان الفكرة الاساسية لعملية كشف اللون الطاغي تتم بتحليل التوزيع اللوني للصورة في حيز لوني مناسب مع استخدام وسائل احصائية . ولا يحدد في هذه المرحلة وجود لون طاغي من عدمه فحسب ، بل انه يصنف كذلك الى احد اصنافه فهل هو من نوع لون طاغي واضح (evident cast) ، او هو لون طاغي سائد في الصورة وتجب المحافظة عليه مثل صور الخضرة والسماء والبحار وغيرها من المناطق الواسعة ويسمى (predominant color) ، او هو لون طاغي غامض (ambiguous cast)، او لا يوجد لون طاغي اصلاً في الصورة (no cast) [٧] .

وبالاعتماد على القيم الإحصائية التي حسبت يصنف اللون الطاغي (color cast) حسب الخطوات الآتية :

١- evident cast و يكون لون طاغياً واضحاً إذ تجب إزالته من الصورة بتحقق الشرط التالي :

$$\text{If}(D > 10 \quad \text{and} \quad D_\sigma > 0{\cdot}6) \quad \text{or} \quad (D_\sigma > 1{\cdot}5 \quad \text{and} \quad D_\sigma \le 6)$$

والمثال على هذا النوع من الـ cast يمكن ملاحظته في الشكل (٤) (a) وما يقابله من (EC) في الشكل (٤) (b) الذي ذكر سابقا .

٢- predominant color وهو اللون الطاغي السائد في الصورة ، ويمكن ان يتوافق مع ما يسمى باللون الطاغي الحقيقي (intrinsic cast) ، وهي المناطق الواسعة الانتشار من الخضرة او البحار او الجلد او السماء [7] .ويجب ان يحافظ على هذه النوعية من الصور ، ولا يجرى عليها عملية ازالة للـ cast لانه يعد جزءاً من طبيعة هذه الصور .

وتصنّف الصورة على انها تحتوي على لون طاغي حقيقي اذا كانت المنطقة التي حددت تتوافق مع المساحات الواسعة مثل الجلد والسماء والبحر و الخضرة ، اي تغطي٤٠% من الصورة الكلية،ولا تطبق خوارزمية ازالة اللون الطاغي عليها ويبين الشكل (٥) مثالاً على هذه النوعية من الصور التي تحمل لون طاغي من نوع (predominant color)

الشكل (٥) صورة تحتوي على predominant color

٣- ambiguous cast وفيها يكون الون الطاغي غامضاً ولا تمكن رؤيته بوضوح في الصورة . وتحال هذه الصور التي تخلو من لون طاغي واضح ، باستخدام إجراء مبني على المعيار الذي مفاده ان اللون الطاغي يكون له تأثير اكبر على المناطق الحيادية مقارنة بالعناصر التي تحتوي على لون عالٍ .ويدرس توزيع اللون للعناصر (الاجسام) الحيادية القريبة (Near Neutral Objects) (NNO) ، عن طريق الادوات الاحصائية انفسها التي شرحت واستخدمت في اعلاه ولكن بعد ان يتم تحديد منطقة (NNO) .

وتحدد هذه المنطقة عن طريق الشرط التالي الذي ينص على ان كل نقطة من نقاط الصورة تنتمي الى منطقة الـ (NNO) إذا كانت قيمة اللون لتلك النقطة اقل من القيمة الابتدائية الثابتة التي تمثل ($\sigma_{\max}$) ١/٤) والشرط يكون من خلال المعادلات (15,14,13,12) .

$$\text{if} \quad (a < 0{\cdot}25 * \sigma_{\max}) \quad \text{and} \quad (b < 0{\cdot}25 * \sigma_{\max}) \qquad (12)$$

$$\sigma^2_{a\max} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}(a_i - a_{\max})^2 \qquad (13)$$

$$\sigma^2_{b\max} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(b_i - b_{\max})^2 \qquad (14)$$

إذ ان :

تمثل $a_{\max}$ اعلى قيمة بين قيم a

وتمثل $b_{\max}$ اعلى قيمة بين قيم b

ولايجاد $\sigma_{\max}$ تستخدم المعادلة التالية :

$$\sigma_{\max} = \sqrt{\sigma^2_{a\max} + \sigma^2_{b\max}} \qquad (15)$$

ان التحليل الاحصائي للتوزيع اللوني للصورة الذي أوجد على نقاط الصورة جميعا في البداية ، يطبق الان على منطقة ال NNO حسب ، بما يسمح بالتمييز بين الحالات الثلاثة الاتية:

- صور تحتوي على لون طاغي واضح .
- صور لا تحتوي على لون طاغي .
- صور ذات لون طاغي غامض اي انها صور ذات cast ضعيف لا يمكن تمييزه بوضوح.

والآن تطبق المعادلة (١٦) والمعادلة (١٧) على نقاط منطقة الـ(NNO) باستخدام المعادلتين الآتيتين على أساس من ان $K = a, b$

$$\text{Mean :} \quad \mu_{NNOK} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} k_i \qquad (16)$$

$$\text{Variance:} \quad \sigma^2_{NNOK} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (k_i - \mu_{NNOK})^2 \qquad (17)$$

إذ يحسب المعدل والتباين لقيم a وb في منطقة NNO وتمثل n عدد النقاط المتكونة منها منطقة الـ NNO [7] . وبالاعتماد على القيم المستحصلة من المعادلتين (١٦) و (١٧) ، توجد الحسابات الخاصة بالـ دائرة المكافئة (EC) التي تكون مرتبطة بالتوزيع اللوني للصورة، إذ يمثل مركز الدائرة (center) وهو :

$$\text{Center} \ : \ c_{NNO} = (\mu_{NNOa}, \mu_{NNOb})$$

إذ أن :

μ_{NNOa} ، μ_{NNOb} يمثلان معدل a و b على التوالي في منطقة الـ (NNO) .

ويعد نصف قطر الدائرة المكافئة (σ_{NNO}) مقياسا لكمية انتشارها في المستوي (a b) ويحسب من المعادلة (١٨) .

$$\text{Radius} \ : \ \sigma_{NNO} = \sqrt{\sigma^2_{NNOa} + \sigma^2_{NNOb}} \qquad (18)$$

وكذلك يحسب البعد بين نقطة المركز للدائرة (EC) ونقطة الاصل (a=0,b=0) بالمعادلة (١٩) .

$$\mu_{NNO} = \sqrt{\mu^2_{NNOa} + \mu^2_{NNOb}} \qquad (19)$$

وبحساب (μ_{NNO}) والـ (σ_{NNO}) يوجد بعد الدائرة المكافئة (EC) بأكملها عن المحور الحيادي (a=0 , b=0) بالمعادلة (٢٠) .

$$\text{Distance} : D_{NNO} = \mu_{NNO} - \sigma_{NNO} \qquad (20)$$

ولايجاد النسبة بين بعد الدائرة المكافئة عن المحور الحيادي والتباين لمنطقة ال (NNO) [13] تستخدم المعادلة (٢١) .

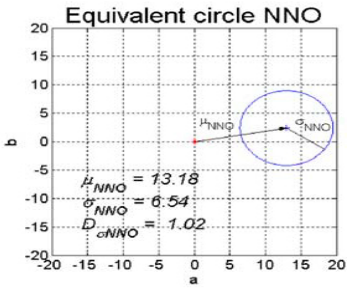
Ratio : $D_{\sigma NNO} = D_{NNO} / \sigma_{NNO}$

وبالاعتماد على قيمة عتبة معينة(threshold value) وهي $D_{\sigma NNO} = 0.5$ ، (التي حددت عن طريق تجارب واختبارات عديدة لقيمة ($D_{\sigma NNO}$)) ، يصنف نوع اللون الطاغي (cast color) الى احد الاصناف الثلاثة التي ذكرت مؤخراً .

إذ تحتوي هذه الصور على لون طاغي واضح اذا كانت

$D_{\sigma NNO} \geq 0.5$ for evident cast image

والشكل (٦) (a) يوضح هذا النوع من الصور واما ما يقابله من (EC) ففي الشكل (٦) (b) .



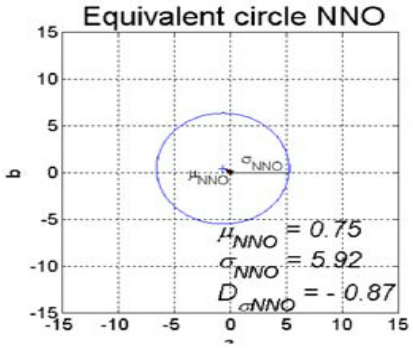
(a) **(b)**

الشكل (٦)(a) صورة تحتوى على لون طاغى واضح . (b) الدائرة المكافئة للصورة

او ان هذه الصور لا تحتوي على لون طاغي (no cast) اذا كانت

$D_{\sigma NNO} \leq -0.5$

(a)



(b)

الشكل (٧)(a) صورة لا تحتوي على لون طاغي . (b) الدائرة المكافئة للصورة في (a)

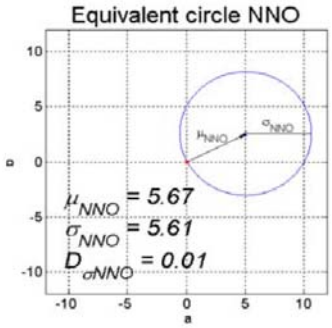
كما في الشكل (٧) (a) الذي يوضح صورة لاتحتوي علىلون طاغي واما ما يقابلها من (EC) لها فكما في الشكل (٧) (b).

وأخيرا يمكن القول ان الصورة تحتوي على لون طاغي غامض(ambiguous cast) ، اذا كانت قيمة الـ ($D_{\sigma NNO}$) محصورة ضمن الفترة [0.5 + , 0.5-] أي اذا تحقق الشرط التالي[١٣] :

$-0.5 < D_{\sigma NNO} < 0.5$ for ambiguous cast

والشكل (٨) (a) يوضح صورة صنفت على انها تحتوي على لون طاغي غامض وما يقابلها من (EC) لها ففي الشكل (٨) (b) .

(a)

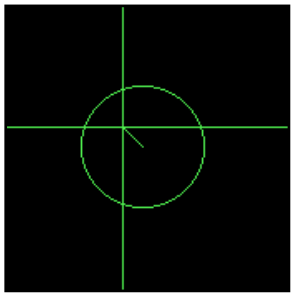


(b)

الشكل (٨) (a) صورة تحتوي على لون طاغي غامض . (b) الدائرة المكافئة للصورة في (a)

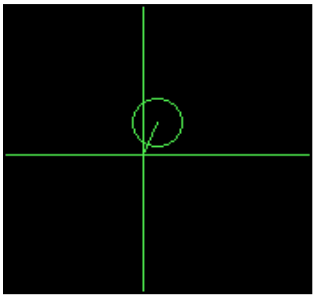
وحسب المعادلات و الحسابات الإحصائية السابقة يمكن تصنيف اللون الطاغي الى احد أنواعه وهي الون الطاغي الواضح ، او لون طاغي سائد ، او لون طاغي غامض ، أولا يوجد لون طاغي اصلاً في الصورة . والشكل (٩) (a, b, c, d, e, f) يوضح مجموعة من الصور تم تطبيق الخوارزمية عليها وإيجاد EC لها .

(a) صورة لا تحتوى على لون طاغى



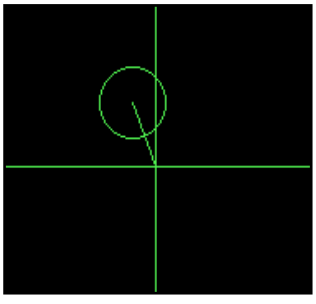
(b) الدائرة المكافئة للصورة فى (a)

(c) صورة تحتوي على لون طاغي غامض



(d) الدائرة المكافئة للصورة في (c)

(e) صورة تحتوي على لون طاغي واضح



(f) الدائرة المكافئة للصورة في (e)

الشكل (٩)مجموعة من الصور والدائرة المكافئة لكل صورة

إزالة اللون الطاغي من الصورة

ان عملية ازالة الون الطاغي(color cast) من الصورمعتمدةعلى فرضية(von kries) ذات قنوات (RGB) التي تعد تقريباً للحزمات الموجية لشبكية العين L,M,S [٩] .

إذ تطبق على تلك الصور المصنفة على انها ذات لون طاغي واضح ، او لها لون طاغي غامض، وذلك من اجل تجنب المشكلات الناتجة من الازالة الخاطئة للون السائد، او من تشويه التوازن اللوني للصورة ، والمصفوفة القطرية(٢٢) هي التي سوف تستخدم في هذا الجزء من الخوارزمية وهي :

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_R & O & O \\ O & K_G & O \\ O & O & K_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \qquad (22)$$

إذ أن : R,G,B : تمثل بيانات الصورة المدخلة .

R', G', B' : تمثل بيانات الصورة المصححة .

اما K_R , K_G , K_B فانها تمثل معاملات الكسب (Gain coefficients) التي تحسب باستخدام خوارزمية منطقة التوازن الأبيض (white balance region) [١٠][١١] وتحسب من المعادلة (٢٣) .

$$\left.\begin{aligned} K_R &= \text{white R}/\ R_{WB} \\ K_G &= \text{white G}/\ G_{WB} \\ K_B &= \text{white B}/\ B_{WB} \end{aligned}\right\} \qquad (23)$$

إذ أن :

$$\left.\begin{aligned} \text{white R} &= (\max \text{R} + \min \text{R})/2 \\ \text{white G} &= (\max \text{G} + \min \text{G})/2 \\ \text{white B} &= (\max \text{B} + \min \text{B})/2 \end{aligned}\right\} \qquad (24)$$

white B, white G, white R تحسب للصورة بأكملها .

اما الـ B_{WB}, G_{WB}, R_{WB} فانها تمثل معدل كل من الـ (Red) R , (Green) G , (Blue) B , على الترتيب في منطقة الـ WB region التي تحدد و تكون تابعة للـ cast الواضح او للـ cast الغامض.

وكما ذكر سابقا فان خوارزمية ازالة اللون الطاغي تطبق على الصور التي تحتوي على لون طاغي واضح ، او لون طاغي غامض فقط .

تحديد منطقة التوازن الابيض

١- في حالة اللون الطاغي الواضح (evident cast)، تحتوي منطقة التوازن الابيض (WB region) التي تحدد على الوحدات الصورية التي تكون شدة الاضاءة لها اكبر من 30 اي (L > 30) فقط .

٢- أما في حالة اللون الطاغي الغامض (ambiguous cast) فان منطقة التوازن الابيض (WB region) تكون هي نفسها منطقة (NNO) لان تأثير اللون الطاغي الضعيف لا يرى إلا في العناصر القريبة من المحور المحايد وهي منطقة الـ (NNO) (العناصر المحايدة القريبة) وهكذا فاننا باختيار منطقة الـ (NNO) نتجنب مخاطرة إزالة اللون الحقيقي للعنصر و نتجنب كذلك تشويه الصورة. فبعد ان تحسب معاملات الكسب بالمعادلة (٢٤) تطبق خوارزمية مزيل اللون الطاغي (cast removal) بتطبيق المعادلة (٢٣) على محتويات الصور، حتى يزال التشويه منها وتستعاد موازنة الوان الصورة.

تصنيف الصور

استخدمت الشبكة العصبية الاصطناعية في هذا البحث وهي شبكة انتشار الخطأ خلفاً في تصنيف الصورة فيما إذا كانت تحتوي على لون طاغي او لا تحتوي على لون طاغي(no cast) ، مما يتطلب تعيير الصورة (Image Normalization) وتقطيعها(Image Segmentation) .

تعيير الصورة

لتصنيف الصورة في شبكة انتشار الخطأ خلفاً يجب ان يكون الادخال لهذه الشبكة ارقاماً حقيقية (real number) ، ولتصنيف الصورة تستخدم دالة التنشيط وهي الدالة السجماوية وذلك لحساب الاخراج الحقيقي لكل خلية من خلايا طبقة الاخراج في الشبكة. ويقع المدى لهذه الدالة بين الصفر والواحد[1.. 0] لذلك يجب تعيير بيانات الصورة حتى يكون مداها ضمن المدى الخاص بدالة التنشيط ، ويجب تعيير (normalization) بيانات الصورة حتى لا تكون بيانات الادخال بعيدة عن الاوزان الخاصة بالشبكة لكي تصنف الصورة على نحو صحيح .

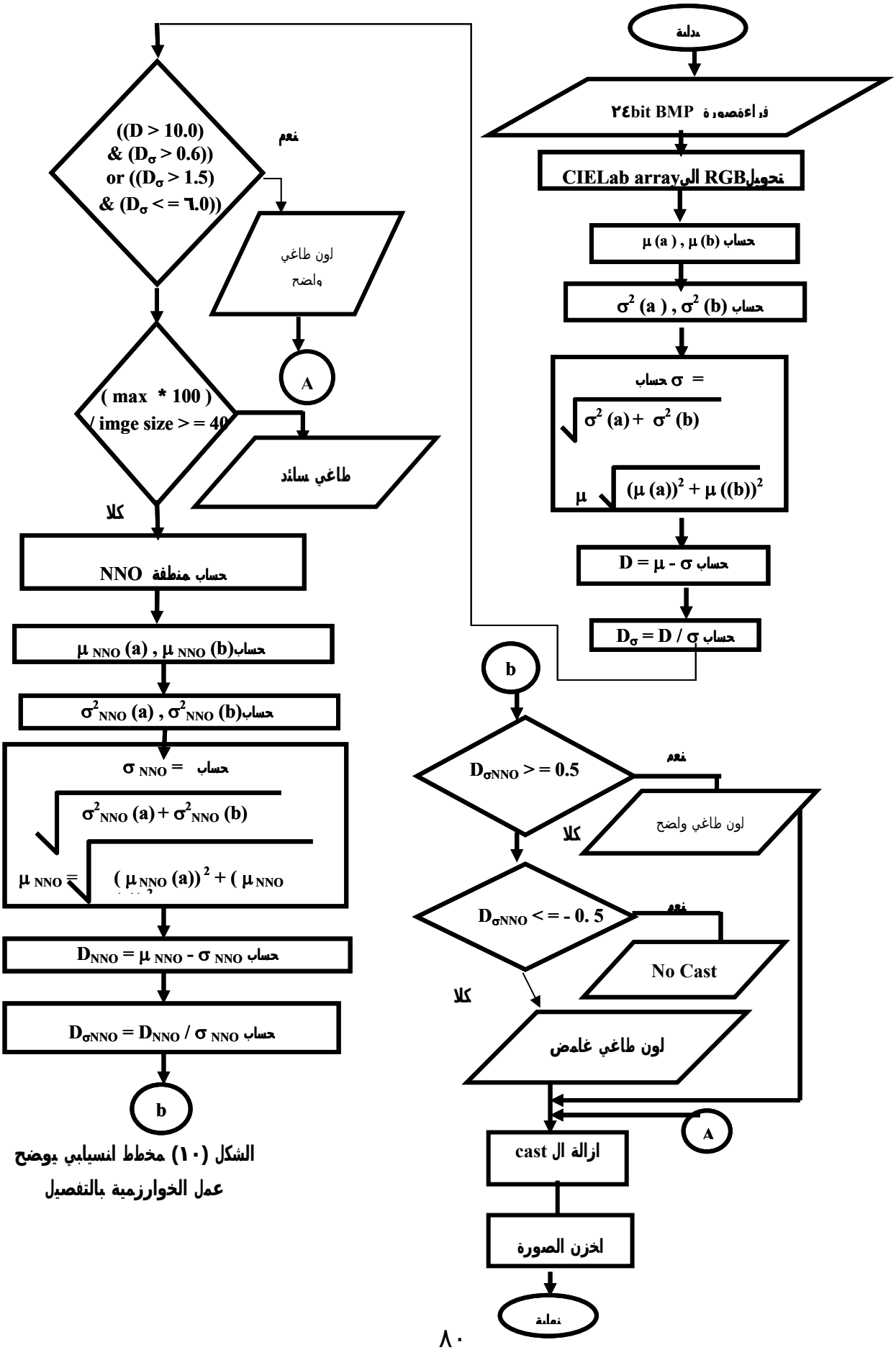
والمخطط الانسيابي في الشكل (١٠) يوضح عمل الخوارزمية بالتفصيل .

تقطيع الصورة (Image Segmentation)

تقطيع الصورة هو تقسيم الصورة على مجموعة من المتجهات (vectors) ، ويتم ادخالها الى الشبكة متجهاً بعد متجه (vector by vector) للمعالجة.

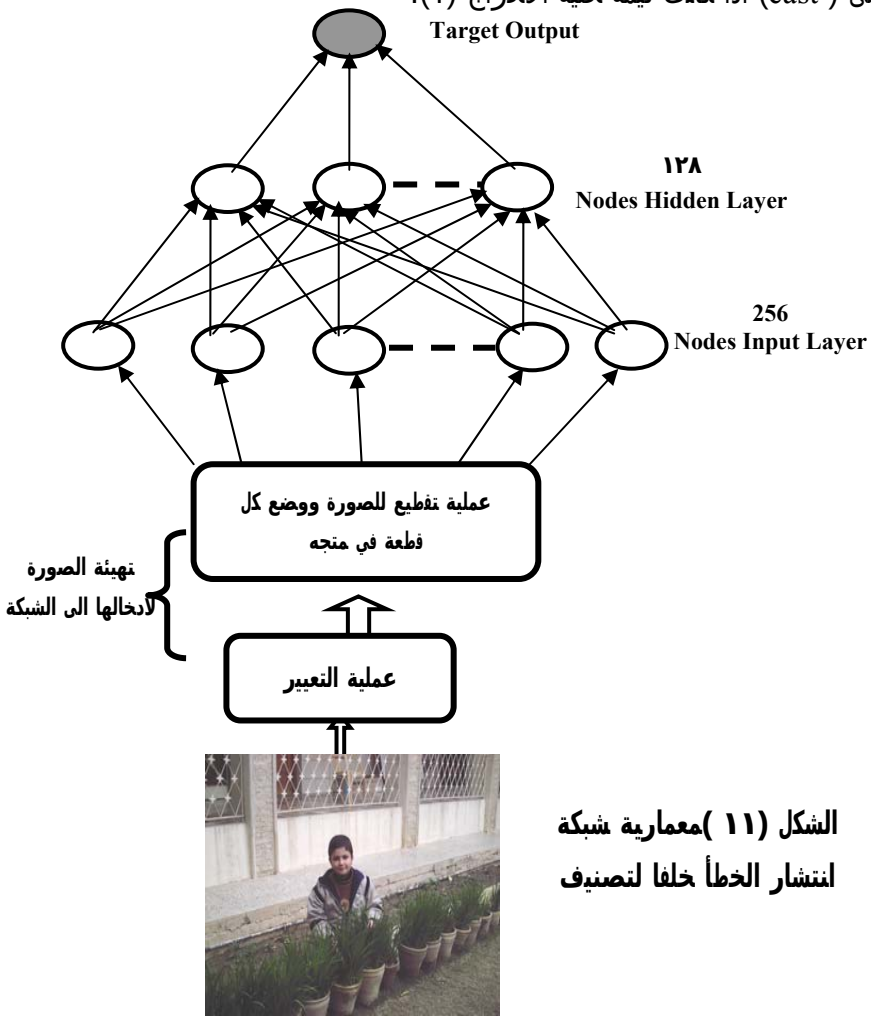
تصنيف الصور باستخدام شبكة انتشار الخطأ خلفاً

قبل البدء بعملية التصنيف يجب تطبيق عملية التعيير وعملية التقطيع للصورة المراد تصنيفها او تمييزها . و بما ان الصورة المراد تصنيفها ابعادها 256 * ٢٥٦ فيجب ان تكون خلايا الادخال 256 خلية في طبقة الادخال ، و128 خلية في الطبقة الوسطى ، في حين تتكون طبقة الاخراج من خلية واحدة ويجب تحديد الاخراج المطلوب لان شبكة انتشار الخطأ خلفاً هي من نوع (supervised) اي التعليم بأشراف ، فيما يخص قيمة نسبة التعلم التي استخدمت في الشبكة فانها كانت مساوية لقيمة (٠,٩) اذ أثبتت تجارب قام بها عدة باحثين في هذا المجال انها افضل قيمة للحصول على افضل نتائج .



الشكل (١٠) مخطط انسيابي يوضح
عمل الخوارزمية بالتفصيل

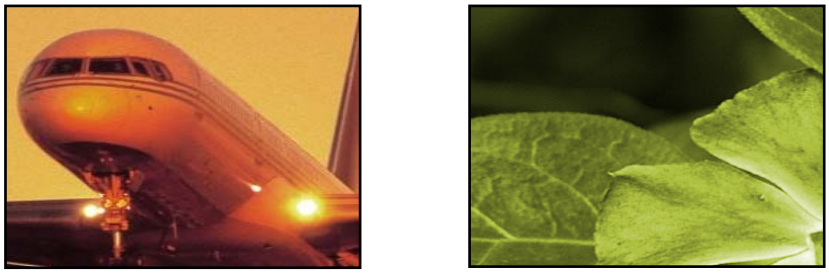
والشكل(١١) يوضح تصنيف الصورة فهي من نوع (no cast) في حالة كون قيمة خلية الاخراج (0) ، او انها تحتوي على (cast) اذا كانت قيمة خلية الاخراج (١).



الشكل (١١)معمارية شبكة انتشار الخطأ خلفا لتصنيف

ولتطبيق شبكة انتشار الخطأ خلفا في تصنيف الصور فأننا سوف نأخذ الصور في الشكل (١٢) والشكل (١٣) أمثلة تطبيقية على هذه الشبكة إذ ادخلت الصور الى الشبكة واختبرت وكانت النتيجة تصنيف الصور في الشكل (١٢) على انها لاتحتوي على لون طاغي(no cast) وكان هذا مطابقاً للحقيقة . وتصنيف الصور في الشكل (١٣) على انها تحمل لون طاغي واضح (evident cast) وهذا مطابقة للحقيقة أيضا.

الشكل (١٢) مجموعة صور لا تحتوي على لون طاغي



الشكل (١٣) مجموعة صور تحتوي على لون طاغي واضح evident cast

قياس مقدار الاختلاف

لمعرفة مقدار التغيير الحاصل ما بين الصورة الناتجة من تطبيق خوارزمية موازنة الالوان وصورة تعد مرجعاً ، استخدمت طريقتان لقياس مقدار الاختلاف بين الصورتين والتي تم تطبيقها على ثلاث مجموعات من الصور تتألف كل مجموعة منها من ثلاث صور احداها عدت مرجعاً (Reference) ذلك انها ملتقطة بكاميرا عالية الدقة والمواصفات وعدت صورة هدف (Target) .

اما الثانية فانها ملتقطة بكاميرا اعتيادية المواصفات وقد طبقت خوارزمية البحث عليها فظهرت الصورة الناتجة وهي الصورة الثالثة التي عدت صورة متوقعة (Estimated).

ان النوع الاول الذي استخدام لايجاد الاختلاف هو ما يعرف بـ (Illuminant Estimate rg Difference) . واعتمد في هذا النوع من الاختلاف على الصورة بعد التصحيح التي تسمى بالصورة التقريبية والصورة المرجع أو الصورة الهدف [4][5] ، وذلك من خلال تطبيق المعادلات الآتية :

$$Difference1=\sqrt{(r_E-r_T)^2+(g_E-g_T)^2} \quad \textbf{(25)}$$

$$(r_E,g_E)=(R_E/S_E,G_E/S_E) \quad \textbf{(26)}$$

$$(r_T,g_T)=(R_T/S_T,G_T/S_T) \quad \textbf{(27)}$$

$$S_E=R_E+G_E+B_E \quad \textbf{(28)}$$

$$S_T=R_T+G_T+B_T \quad \textbf{(29)}$$

فمن خلال معادلة الاختلاف (٢٥) سوف توجد قيمة الاختلاف لكل وحدة صورية في الصورة ثم تجمع لوحدات الصور جميعا في الصورة وذلك باستخدام المعادلة الآتية :

$$\text{RMS}=\left(\frac{1}{N}\sum_{i}^{N}E_i^2\right)^{1/2} \quad \text{.....(30)}$$

إذ ان :

RMS تمثل جذر مربع الخطأ (Root Mean Square)

N تمثل عدد الوحدات الصورية للصورة باكملها .

E_i تمثل قيمة الاختلاف لكل وحدة صورية .

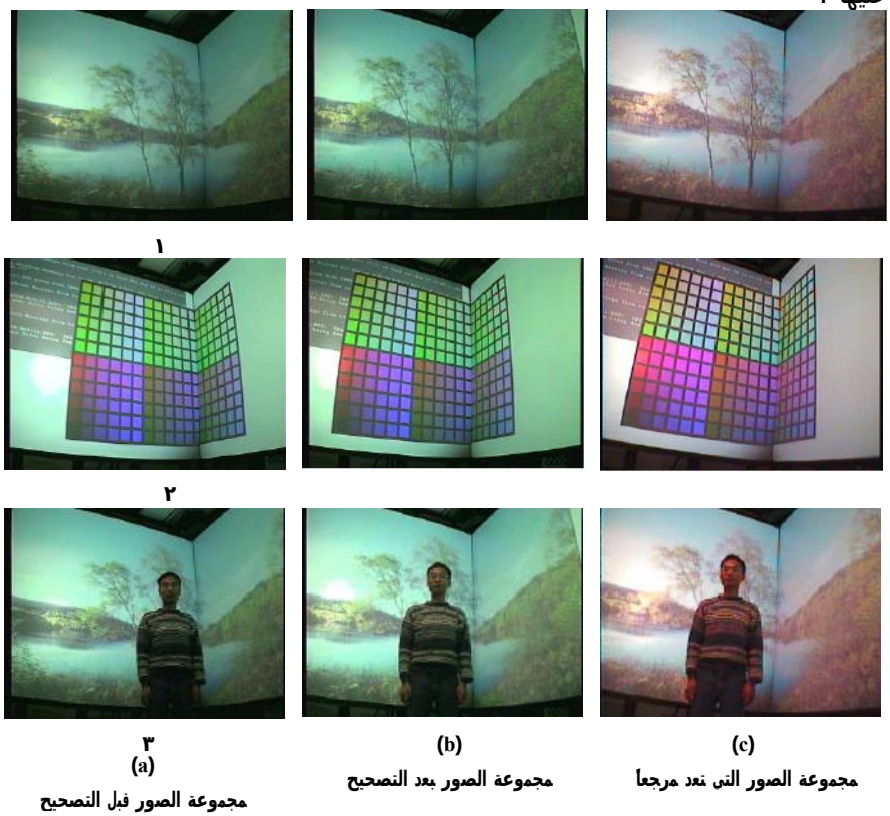
اما النوع الثاني من انواع الاختلاف فانه يسمى (Illuminant Estimate RGB Difference) تطبق فيه المعادلة (٣١) كذلك على الصورتين التقريبية والهدف [4][5] :

$$Difference\ 2 = \left((R_E - R_T)^2 + (G_E - G_T)^2 + (B_E - B_T)^2 \right)^{1/2} \quad \ldots\ldots(31)$$

إذ ان (R_E,G_E,B_E) تمثل قيم (Red , Green , Blue) في الصورة التي هي تقريبية. اما الـ (R_T, G_T, B_T) فانها تمثل قيم (Red , Green , Blue) في الصورة الهدف.

عند تطبيق معادلة الاختلاف (٣٠) من نوع (RMS) تم الحصول على قيمة واحدة.

اما في مجموعات الشكل (14) (a, b, c) والتي تقدم وصفاًعلى كونها نماذج لتطبيق معادلات الاختلاف عليها .



١

٢

٣

(a) مجموعة الصور قبل التصحيح

(b) مجموعة الصور بعد التصحيح

(c) مجموعة الصور التي تعد مرجعاً

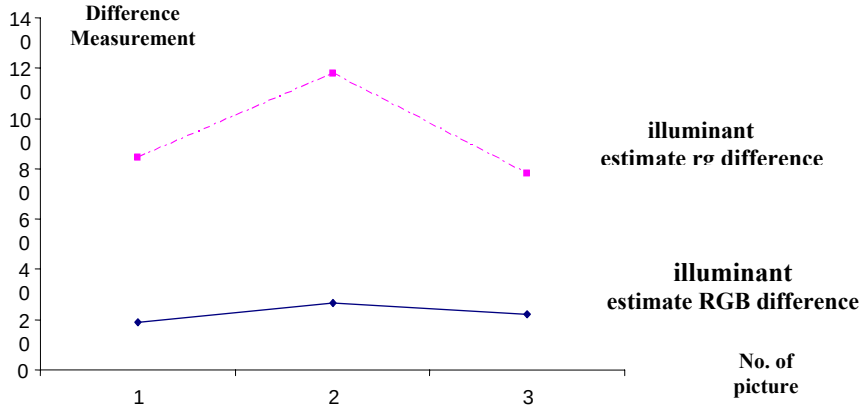
الشكل (١٤) المجموعات الثلاث للصور

والجدول الآتي يوضح النتائج التي حصلنا عليها في اثناء تطبيق معادلات الـ (Difference1) والـ (Difference2) على الصور في الشكل (١٤).

الجدول (١) نتائج الاختلاف على مجموعة الصور

رقم الصورة	Illuminant Estimate rg Difference	Illuminant Estimate RGB Difference
١	١٨,٩٧٤٠٥٢	٨٤,٤٢٥٤٣٠
٢	٢٦,٦٩٤٨٩٥	١١٧,٨٠١٥٢٩
٣	٢٢,١١١١٣٤	٧٧,٩٢٢٣١٨

يتبين من الشكل (١٥) ان نتائج الاختلاف على الصور المذكورة في الجدول (١) تحافظ على تباين قليل مما يوضح ان مجال تأثير الالوان على الخوارزمية المعتمدة قليل مما يدعم كونها خوارزمية ذات استقرارية جيدة.



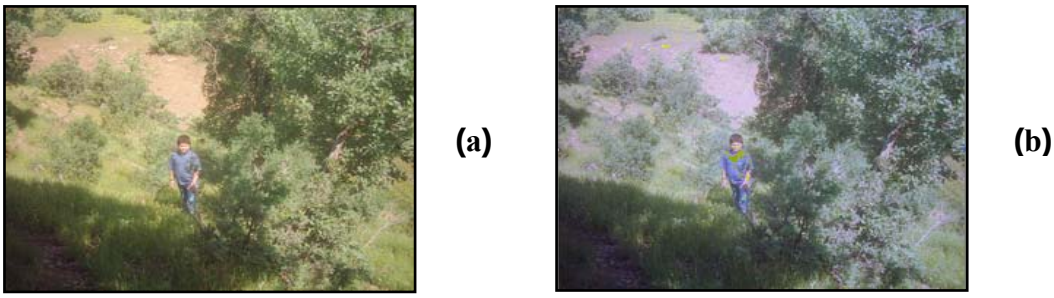
الشكل (١٥)

النتائج

بنيت مجموعة من الدوال بلغة C++ لغرض تطبيق خوارزمية كشف اللون الطاغي على الصورة (color cast)وازالته عن عدد من الصور الفوتوغرافية الرقمية التي ادخلت والكشف عن وجود cast فيها .

لقد تم الحصول على مجموعات الصور التي عرضنا لها آنفا من الانترنيت . في حين التقطت مجموعة الصور التالية بوساطة كاميرا اعتيادية ثم طبقت الخوارزمية عليها وصنفت وبعد ذلك عولجت هذه الصور اذا تطلب الامر ذلك .

اما في حالة اللون الطاغي الواضح evident cast فان الشكل (١٦) (a) يوضح صورة تحتوي على evident cast . والشكل (١٦) (b) يوضح الصورة بعد ازالة اللون الطاغي منها .



الشكل (١٦)(a) صورة تحتوي على evident cast . (b) الصورة بعد إزالة اللون الطاغي

اما في حالة اللون الطاغي الغامض (ambiguous cast) فان الشكل (١٧) (a) يوضح صورة تحتوي على ambiguous cast والشكل (١٧) (b) يوضح الصورة بعد ازالته منها .

الشكل (١٧)(a) صورة تحتوي على ambiguous cast . (b) الصورة بعد إزالة اللون الطاغي الغامض منها

وفي حالة الون الطاغي السائد (predominant color) فان الشكل (٦-٧) يوضح هذا الـنوع.

الشكل (١٨) صورة تحتوي على predominant color

واخيرا فان حالة الـ no cast تتضح في الشكل (١٩) الذي يوضح صورة من دون لون طاغي .

الشكل (١٩) صورة لا تحتوي على cast

الاستنتاجات

في هذا البحث يمكن ملاحظة الاستنتاجات التالية للخوارزمية المطبقة ومنها:

١- استخدمت في هذا البحث خوارزمية موازنة الألوان للصور الفوتوغرافية الرقمية وقد طورت باستخدام انموذج XYZ الذي تحول من خلاله ألوان الصور من انموذج RGB الى انموذج CIELab وذلك بإيجاد مصفوفة خاصة .

٢- طبقت خوارزمية موازنة الألوان المطورة على مجموعة من الصور الفوتوغرافية الرقمية الملونة يصل عددها الى (100) صورة ، تم الحصول على قسم من هذه الصور من الانترنيت والتقط القسم الأخر بوساطة كاميرا اعتيادية وكانت النتائج في كلا الصنفين متقاربة.

٣- خضعت هذه الصور جميعا لاختبار هذه الخوارزمية وقد صنفت الى أنواع اللون الطاغي (color cast)المختلفة وكانت النتائج كما يلي :

- كانت نسبة الصور التي لاتحمل لون طاغي (no cast) (27%) ، والصور التي تحمل لون طاغي واضح(evident cast) (25%) .
- الصور التي تحمل لون طاغي غامض(ambiguous cast) كانت نسبتها (16%) ، وأخيرا فان الصور التي صنفت أنها ذات لون طاغي سائد(predominant color) بلغت نسبتها (12%) .
- هناك (20%) من الصور قد صنفت على نحو خاطئ فمثلا الصورة التي فيها لون طاغي واضح صنفت على أنها لا تحتوي على لون طاغي والصورة التي فيها لون طاغي غامض صنفت على أنها تحتوي على لون طاغي سائد (predominant color) .

المصادر العربية

[١] بشير ، غصون سالم ، (2003) ، " استخدام الخوارزمية الجينية في مطابقة الصور" ، رسالة ماجستير ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل .

[٢] القطان ، زهراء مازن ، (2006) ، " تحسين موازنة الالـوان للـصورالفوتغرافية الرقميـة" ، رسـالة ماجستير ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل .

[٣] عيسى ، علام زكي ، (2000) ، " الشبكات العصبية ، البنية الهندسية ، الخوارزميـات ، التطبيقـات " ، شعاع للنشر والطباعة ، سورية .

المصادر الأجنبية

[٤] Barnard K. , Cardei V. , Funt B. , (2002) , " A comparison of Computational Color Constancy Algorithms – Part I : Methodology and Experiments with Synthesized Data ", IEEE Transactions on Image Processing (972 – 983) .

[٥] Barnard K., Martin L. , Coath A. , Funt B. , (2002) , " A Comparison of Computational Color Constancy Algorithms – Part II : Experiments with Image Data" , IEEE Transactions on Image Processing (985 – 995) .

[٦] Cardei V., Funt B. , Barnard K. , (2002) , " White Point Estimation for Uncalibrated Images" , Proceedings of Is & T / SID seventh cloor Imaging Conference , PP. 97 – 100 .

[٧] Cooper T. , (2000) , " Anovel Approach to Color Cast Detection and Removal in Digital Image" Proc. SPIE 3963 (167 – 175) .

[8] Dr. Madhukar Budagavi , (2004) , lecture 5, EE 7374 : Digital Image Processing . madhukar@engr.Smu.edu http://www.engr.Smu.edu/~madhukar/ee7374

[9] Edwin H. , John Mc., "Lightness and Retinex theory" , J. Opt. Soc. Amer. 61 (1) 1 – 11 .

[١٠] Finlayson G.D. , Drew M.S. , Funt B. (1993) , " Diaognal Transform Suffice for color Constancy" , Proc. IEEE International Conference on Computer Vision , Berlin , PP. 164 – 171 .

[١١] Funt B. , Barnard K. , Martin L. , (1998) , " Is Machine Colour Constancy Good Enough ? " , Pro C. 5th European Con ference on Computer Vision , Freiburg , Germany , PP . 445 – 459 .

[١٢] Jianfeny Yin , Jeremy R. Cooperstock , (2004) , " Color Correction Methods with Applications to Digital Projection Environments" , Journal of WSCG , Vol. 12 , No. 1 – 3 , ISSN 1213 – 6972 . jfyin@cim.mcgill.ca jer@cim.mcgill.ca

[١٣] Schettini Raimondo , Gasparini Francesca , (2004) , " Color Balancing oh digital photos using simple image statistics" , Pattren Recognition Society 37 (1201 – 1217) . gasparini@disco.unimib shottini@disco.unimib

[١٤] Zhou X. , Gibb R. D. , Grlach R. W. , (2003) , "An Alternative Composite Endpoint for vital Bleaching in L^* a^* b^* Color space" , frocter and Gamble , Mason , OH , U. S. A.