الفصل الخامس

تحسين الصور الرقمية
Digital Image Enhancement

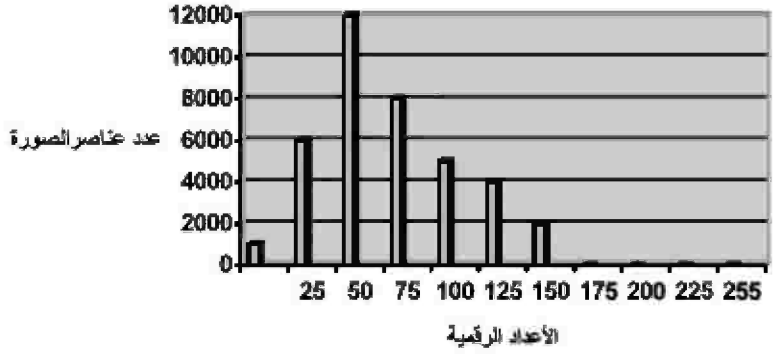
(٥,١) مقدمة

لقد ذكرنا في الفصل الثاني أن التدرج الرمادي للصورة الرقمية والذي تمثله الأعداد الرقمية يبدأ من الرقم 0 والذي يمثل ضعفاً شديدًا في الشعاع الواصل للمستكشف ولذلك يمثل اللون الأسود في الصورة المرئية، ويستمر التدرج بزيادة الأشعة ومن ثمَّ زيادة العدد الرقمي حتى نصل إلى أقصى أشعة تصل إلى المستشعر وتمثل بالرقم الأقصى في النظام التدرج الرمادي المستخدم معبرًا عن اللون الأبيض الناصع في الصورة المرئية. أما من الناحية العملية فإن الأعداد الرقمية التي تمثل عناصر الصورة تنحصر في نطاق معين داخل هذا التدرج. وكلما انحصرت الأعداد الرقمية في نطاق ضيق من هذا التدرج ظهرت المعالم في الصورة المرئية الناتجة بألوان متقاربة جداً مما يجعل تمييزها من بعضها أكثر صعوبةً. فإذا انحصرت هذه الأعداد الرقمية في جزء من التدرج قريباً من الصفر كانت الصورة قاتمة بوجه عام، وإذا انحصرت في الأعداد الكبيرة قريبة من الرقم الأقصى ظهرت معالم الصورة بيضاء بوجه عام وصار التباين بينها ضعيفا. ويوضح الجدول رقم (٥,١) بيانات لجزء من صورة رقمية تتكون من 38000 عنصر تمثلها أعداد رقمية تتدرج من 0 – 150 فقط.

الجدول رقم (٥,١). الأعداد الرقمية لـ 38000 عنصر.

الأعداد الرقمية	0	25	50	75	100	125	150
عناصر الصورة	1000	6000	12000	8000	5000	4000	2000

وقد تم تمثيل هذه البيانات في مخطط تكراري (الشكل رقم ٥,١) يمثل فيه المحور الأفقي الأعداد الرقمية والمحور الرأسي عدد تكرار هذه الأعداد الرقمية، أو عدد عناصر الصورة التي لها العدد الرقمي المعين. وهذا المدرج التكراري، الذي سبق أن تحدثنا عنه في الفصل الثاني، يعطي فكرة مباشرة عن تباين الصورة.



الشكل رقم (٥,١). المدرج التكراري للبيانات في الجدول رقم (٥,١).

ويمكن تعريف التباين بأنه تدرج وتوزيع قيم وحدات الصورة الرقمية على المقياس من 0 – 255 المستخدم بواسطة الحاسوب، وبمعنى أوضح هو التدرج من المناطق المظلمة في الصورة إلى المناطق المضيئة، ويعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية:

$$C = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min}) \qquad (5.1)$$

حيث إن C تمثل التباين و I_{max} و I_{min} تمثلان شدة الإضاءة القصوى والدنيا على التوالي. وحتى يسهل تفسير الصورة يتم تحسينها إما بتغيير التباين ليشمل كل التدرج الرمادي أو تحويل التدرج الرمادي إلى تدرج لوني.

ولإجراء تحسين لهذا التباين أو للوضوح الإشعاعي للصورة هنالك تقنيات متعددة وجل هذه التقنيات تنطلق من مبدأ تمديد التدرج الرمادي أو توزيع الأعداد الرقمية لعناصر الصورة بحيث تغطي كل المدى الممكن، أي من السواد الداكن إلى البياض الناصع أو من العدد الرقمي 0 إلى العدد الرقمي الأقصى في التدرج الرمادي، كما وأن هنالك تقنيات يتم فيها تحويل التدرج الرمادي في الصورة إلى ألوان زائفة، كل ذلك الغرض منه تسهيل عملية تفسير الصورة واستنباط المعلومات منها. وسنقوم بتفصيل بعض هذه التقنيات في الفصول التالية من هذا الفصل.

(٥,٢) مد التباين الخطي Linear contrast stretch

إن الفكرة الأساسية كما ذكرنا هي زيادة مدى الأعداد الرقمية في الصورة، فبدل أن تكون الأعداد الرقمية لعناصر الصورة كلها محصورة في نطاق ضيق (مثل البيانات في الجدول رقم (٥,١) وقد تمركزت الأعداد الرقمية بين 0 و150) وتكون الصورة المرئية قاتمة كلها كما هو الحال في المثال السابق أو ناصعة البياض فإن الهدف هو توزيع الأعداد الرقمية للصورة لتشمل جميع المدى المتاح وهو من 0 إلى أقصى عدد رقمي، حتى يكون هنالك مدى تباين واسع بين عناصر الصورة ويسهل من عملية تفسير الصورة المرئية.

إن الدالة المستخدمة في هذه الطريقة هي دالة خطية يمثلها النموذج التالي (باعتبار 255 هو العدد الرقمي الأقصى):

$$DN_o = 255 \left[(DN_i - DN_{min}) / (DN_{max} - DN_{min}) \right] \qquad (5.2)$$

حيث إن: DN_o = العدد الرقمي المخرج لعنصر صورة

DN_i = العدد الرقمي الأصلي (المدخل) لعنصر الصورة

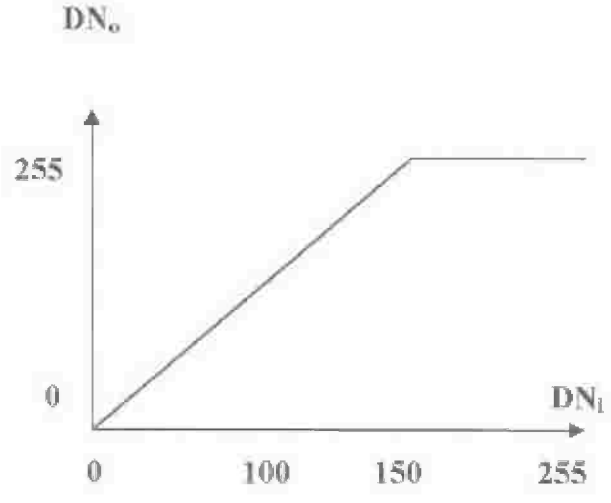
DN_{min} = أقل عدد رقمي في البيانات المدخلة

DN_{max} = أقصى عدد رقمي في البيانات المدخلة

في بيانات الصورة في الجدول رقم (٥,١) كانت أدنى قيمة لعدد رقمي (DN_{min}) هي 0 وأقصى قيمة (DN_{max}) هي 150، فإذا أردنا مد التباين لهذه البيانات نستخدم المعادلة (5.2)، وعلى سبيل المثال فإن العدد الرقمي 0 سيظل 0 في البيانات الجديدة للصورة نفسها، والعدد الرقمي 150 سيصبح 255. أما العدد الرقمي 50 سيصبح [(0 -150) / (0-50)] 255 = 85 كأقرب عدد رقمي صحيح. والعدد الرقمي 75 سيصبح [(0 -150) / (0 -75)] 255 = 127 كأقرب عدد رقمي صحيح. وستكون الأعداد الرقمية بعد مد التباين على النحو التالي:

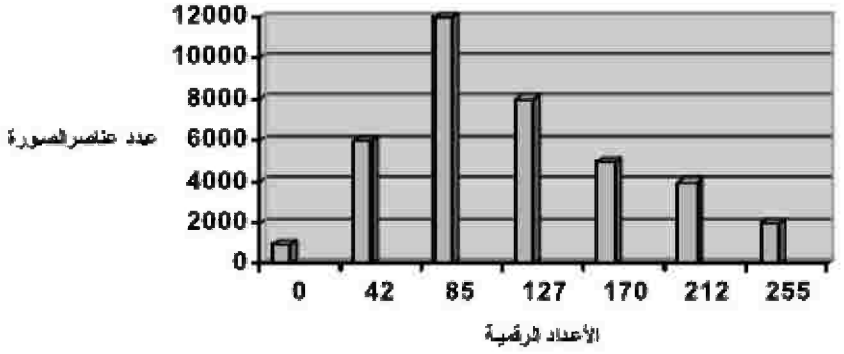
العدد الرقمي المدخل DN_i	0	25	50	75	100	125	150
العدد الرقمي المخرج DN_o	0	42	85	127	170	212	255

ويمكن وضع هذه القيم في جدول يعرف بجدول البحث Look Up Table (LUT) ويعبر عنه برسم بياني كما في الشكل رقم (٥,٢).



الشكل رقم (٥,٢). الرسم البياني لجدول البحث.

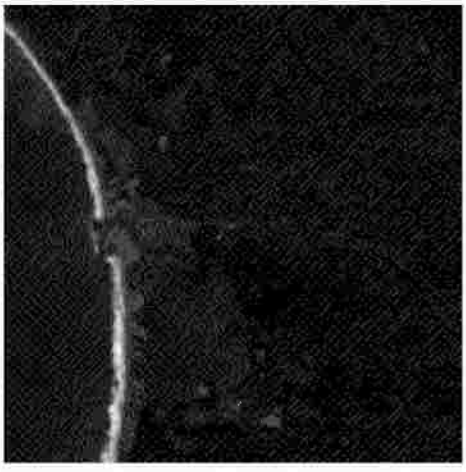
يمكن أن تتم معالجة الصورة بكفاءة عالية إذا ما استخدمنا تقنية قائمة البحث LUT، إذ أنها تجنب تكرار الحسابات. ففي حالة الصورة الرقمية ذات التدرج من 0 – 255 فإننا نقوم بحساب القيم المقابلة لهذه الأرقام فقط (256 قيمة) ونضعها على هيئة رسم بياني كما في الشكل رقم (٥,٢) أو في قائمة. ثم إذا أردنا تحويل العدد الرقمي لأي عنصر صورة من الصورة المدخلة فما علينا إلا أن نقرأ العدد الرقمي المقابل له من قائمة البحث. إن من مميزات تقنية قائمة البحث تبسيط كمية الحسابات وتقليلها، فإذا كنا سنضيف قيمة معينة لكل عنصر صورة لصورة رقمية مكونة من 512 x 512 عنصر فيلزمنا أن نقوم بإجراء 262144 عملية حسابية، كما وأننا نحتاج إلى ضعف هذا الرقم من العمليات الحسابية للتحقق من النتائج. يوضح الشكل رقم (٥,٣) المدرج التكراري للصورة الرقمية بعد إجراء مد التباين الخطي.



الشكل رقم (٥,٣). المدرج التكراري بعد مد التباين.

ويبين الشكل رقم (٥,٤) صورة ذات تباين محدود لمنطقة ساحلية يظهر فيها خط الساحل فقط فاصلا بين اليابس والماء (الصورة من الموقع [12]) ويبين الشكل رقم (٥,٥) ذات الصورة بعد إجراء مد التباين الخطي لها باستخدام برنامج (إيرداس)

ERDAS لمعالجة الصور الرقمية [23]. لاحظ كيف أن تمديد التباين يساعد في إبراز ما تحتويه الصورة من ظواهر طبيعية، خاصة في المنطقة اليابسة مما يساعد في إجراء عملية تفسير الصورة والتعرف على تفاصيلها.



الشكل رقم (٥,٤). صورة ذات تباين محدود قبل إجراء مد التباين.[12]

الشكل رقم (٥,٥). الصورة بعد إجراء مد التباين الخطي.

مثال (٥,١)

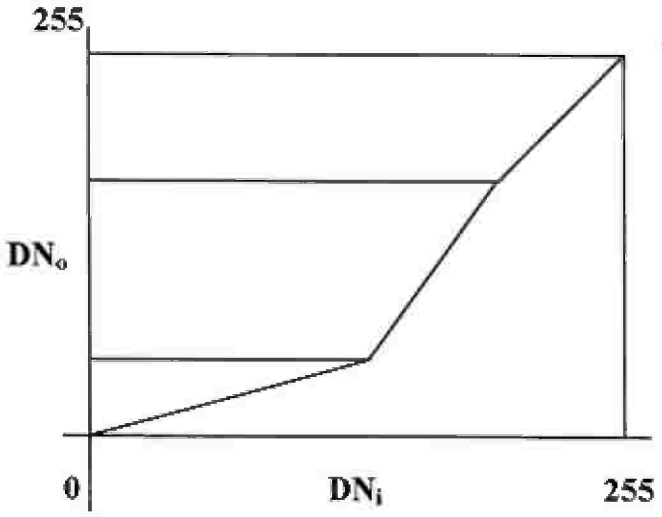
تتدرج الأعداد الرقمية في بيانات صورة رقمية مدخلة من أدنى قيمة 55 إلى أقصى قيمةDN_{max} والمطلوب إجراء مد التباين لبيانات هذه الصورة لتغطي المدى من 0 – 255. إذا كان عنصر الصورة ذو العدد الرقمي 75 عند الإدخال تحول إلى 68 بعد إجراء مد التباين الخطي، احسب قيمة العدد الرقمي DN_{max} الذي يمثل قيمة العدد الرقمي القصوى في الصورة المدخلة.

الحل

من المعادلة رقم (٥,٢):

$$DN_o = 68 = 255 [(75 - 55) / (DN_{max} - 55)]$$
$$DN_{max} = [255 (75 - 55) + 55 / 68]$$
$$= 130$$

إن هذه التقنية هي الأبسط والأكثر استعمالاً. ومع ذلك فهنالك تقنيات أخرى تستخدم في حالات معينة. فعلى سبيل المثال طريقة مد التباين الخطي الجزئي (piecewise contrast stretch) يتم فيها تقسيم جدول البحث إلى أقسام. وكل جزء يتم فيه مد التباين بنسبة معينة ويستخدم عندما تكون هنالك مناطق في الصورة تحتاج إلى مد التباين بنسبة عالية مثل المناطق التي فيها ظلال والتباين فيها قليل، لكن يجب مراعاة أن تكون قيم البيانات مستمرة أو غير متقطعة وأن يكون خط التباين متجها إلى أعلى، ويمثل ذلك الرسم البياني لجدول البحث في الشكل رقم (٥,٦).



الشكل رقم (٥,٦). رسم بياني لجدول البحث لتمديد التباين الخطي الجزئي.

(٥,٣) مد التباين غير الخطي Nonlinear stretch

إن الأساس في طريقة مد التباين الخطي هو أن يتم مد مستويات الأعداد الرقمية المتساوية بقيم متساوية، ولا يؤخذ في الاعتبار عدد عناصر الصورة التي تحمل العدد الرقمي نفسه. من الممكن أن تكون هنالك نسبة كبيرة جدًا من عناصر الصورة تحمل العدد الرقمي نفسه، وبعد أن يتم مد التباين الخطي لهذه الصورة تصبح نسبة عناصر الصورة التي تحمل نفس العدد الرقمي ضئيلة جدًا بالنسبة للصورة عامة.

هنالك تقنيات لمد التباين تقوم بتمديد تباين البيانات المدخلة بمقدار يتناسب مع عدد عناصر الصورة التي تحمل نفس العدد الرقمي ولذلك فهي تعطي تبايناً أفضل على مستوى أكبر من بيانات الصورة. ومن بين هذه التقنيات طريقة التمديد المتساوي لمدرجات التكرار (histogram equalization).

(٥,٣,١) التمديد المتساوي لمدرجات التكرار Histogram equalization

تهدف هذه الطريقة إلى أن يكون عدد عناصر الصورة متساوياً في كل مستوى من مستويات الأعداد الرقمية بعد عملية تمديد التباين. وبناء على ذلك فإن شكل المخطط (المدرج) التكراري يكون منتظماً. وتستخدم هذه التقنية مع الطرق المتقدمة لتحسين الصورة.

و يتم إجراء هذه العملية باتباع الخطوات التالية:

١- التعرف على العدد الكلي لعناصر الصورة (N) وعدد مستويات الأعداد الرقمية التي توزع عليها عناصر الصورة (T) (إذا افترضنا أن الأعداد الرقمية تأخذ التدرج من 0 – 255 فإن عدد المستويات يكون 256) ومن ثم نحسب عدد عناصر الصورة التي نهدف لأن تكون موجودة في كل مستوى من مستويات الأعداد الرقمية (n_t) ونحصل عليه بقسمة مجموع عناصر الصورة على عدد مستويات الأعداد الرقمية:

$$n_t = N / T \qquad (5.3)$$

٢- والخطوة الثانية هي تحويل المدرج التكراري لبيانات الصورة المدخلة إلى شكل تراكمي. فمثلاً عدد وحدات الصورة المدخلة في مستوى الأعداد الرقمية من 0 – j نشير إليه بالرقم k_j. هذه القيمة نحصل عليها بجمع عدد عناصر الصورة المدخلة التي تقع في مستويات الأعداد الرقمية من 0 – j:

$$k_j = n_0 + n_1 + n_2 + ... + n_j \qquad (5.4)$$

حيث إن n_j هو عدد عناصر الصورة في مستوى العدد الرقمي j.

إذا وجدنا رقم المستوى j_0 وهو أول عدد يزيد على العدد المطلوب n_t فإننا حينئذ نحول كل المستويات المدخلة التي تساوي j_0 أو تقل إلى مستوى مخرج 0. ثم نبحث في قائمة البحث LUT على المستوى j_1 وهو الذي يزيد على ضعف العدد

المطلوب ($2n_1$) ثم نحول كل المستويات الأكبر من j_0 وليست أكبر من j_1 إلى المستوى المخرج 1 ونستمر على هذا النهج حتى نكمل كل القيم المخرجة، مع مراعاة أنه في حالة تحويل أكثر من قيمة j_i إلى نفس المستوى المخرج نختار قيمة j_i الأكبر، وذلك يعني أن عدد المستويات المخرجة قد يقل عن عدد المستويات المدخلة. إن تطبيق هذه الطريقة ليس بتلك الصعوبة ويمكن متابعته من خلال المثال التالي:

مثال (٥,٢)

قسمت الأعداد الرقمية لعناصر صورة رقمية إلى 16 مستوى، من 0 – 15، ويوضح الجدول رقم (٥,٢) أعداد عناصر الصورة في كل مستوى. المطلوب إجراء مد التباين المتساوي لمدرجات التكرار لهذه البيانات.

الجدول رقم (٥,٢). بيانات الصورة الرقمية المدخلة.

مستوى الأعداد الرقمية (المدخلة)	عدد عناصر الصورة في المستوى
0	1500
1	2500
2	5000
3	10000
4	13000
5	25000
6	30000
7	42000
8	60000
9	50000
10	10000
11	4000
12	4000
13	3000
14	0
15	0

الحل

أولاً: نحسب مجموع عناصر الصورة في كل المستويات = 260000 عنصر.

ثانياً: نحسب عدد عناصر الصورة التي نهدف لأن تكون موجودة في كل مستوى، وهي:

المتوسط = مجموع عناصر الصورة ÷ عدد المستويات

$$16250 = 260000 / 16 = n_t$$

ثالثاً: نحسب عدد عناصر الصورة التراكمي للمستويات من 0 – 15 ونسجل هذه القيم في العمود الثالث في الجدول التالي.

ثم نبحث في العمود عن أول قيمة تراكمية تزيد على n_t (16250) ونجد أن القيمة التراكمية 19000 في الصف الرابع المقابل للمستوى المدخل 3 هي التي تحقق ذلك، وعليه فإن مستويات الأعداد الرقمية المدخلة الأقل وهي 0 و1 و2 كلها نعطيها القيمة 0 في المستويات المخرجة (العمود الرابع)، أما المستوى 3 الذي يكون عنده القيمة التراكمية أكبر من $1n_t$ فنعطيه المستوى 1 في المستويات المخرجة.

ومن ثم نبحث عن القيمة التراكمية التي تزيد على أو تساوي $2n_t$ ($2n_t$ = 32500) ونجد أن القيمة التراكمية التي تحقق ذلك هي 57000 التي تقابل المستوى المدخل 5 فنعطيها المستوى المخرج 2 وما قل منها وزاد على 19000 نعطيه المستوى 1 الذي أعطيناه للقيمة 19000.

ثم نبحث عن القيمة التراكمية التي تزيد على أو تساوي $3n_t$ ($3n_t$ = 48750) ونجد أن القيمة السابقة نفسها 57000 تحقق ذلك، ولذلك فإن هذه القيمة تستحق المستوى المخرج 3 بدل المستوى 2 وعليه فإن المستوى المخرج 2 يظل بدون عناصر صورة.

ثم نبحث عن القيمة التراكمية التي تزيد على أو تساوي $4n_t$ ($4n_t$ = 65000) ونجد أن القيمة التراكمية 87000 تحقق ذلك، بل إنها تزيد على $5n_t$ ($5n_t$ = 81250)

وعليه فإن المستوى المدخل 6 المقابل للقيمة التراكمية 87000 نعطيه المستوى المخرج 5 ويصبح المستوى المخرج 4 بدون عناصر صورة.

وكذلك الحال بالنسبة للقيمة التراكمية 129000 التي تقابل المستوى المدخل 7 فإنها تزيد على (113750) $7n_t$ ولذلك يتحول هذا المستوى إلى المستوى 7 في المستويات المخرجة ويصبح المستوى 6 في المخرجات فارغا أيضا.

وتستمر العملية على هذا المنوال حتى نحول كل المستويات المدخلة إلى مستويات مخرجة كما هو واضح في الجدول التالي:

مستوى الأعداد الرقمية (المدخلة)	عدد عناصر الصورة في المستوى	عدد عناصر الصورة التراكمي	المستوى الجديد للأعداد الرقمية (المخرجة)
0	1500	1500	0
1	2500	4000	0
2	5000	9000	0
3	10000	19000	1
4	13000	32000	1
5	25000	57000	3
6	30000	87000	5
7	42000	129000	7
8	60000	189000	11
9	50000	239000	14
10	10000	249000	15
11	4000	253000	15
12	4000	257000	15
13	3000	260000	15
14	0	260000	15
15	0	260000	15

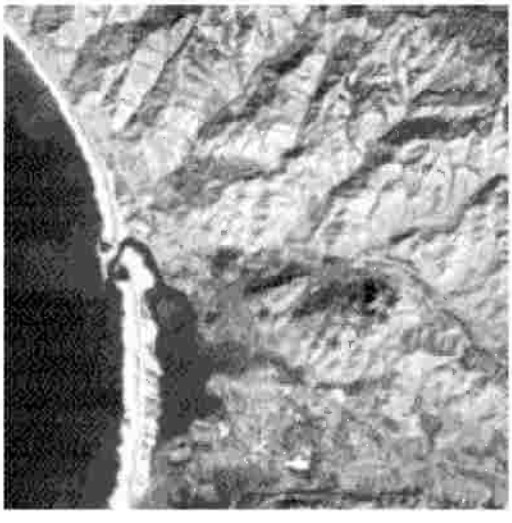
وفيما يلي عدد عناصر الصورة في كل مستوى من مستويات الأعداد الرقمية المخرجة:

المستوى	0	1	2	3	4	5	6	7
العدد	9000	23000	0	25000	0	30000	0	42000

المستوى	8	9	10	11	12	13	14	15
العدد	0	0	0	60000	0	0	50000	21000

ويلاحظ في البيانات المخرجة أن مستويات الأعداد الرقمية ذات التردد الأقل قد حصل لها دمج، في حين أن المستويات ذات التكرار العالي تم تفريقها بصورة أكثر مما كانت عليه أولاً. إن تأثير هذه العملية هو زيادة التباين في وسط مدى الأعداد الرقمية وتقليله في الأطراف. وقد أظهر هذا المثال أن تسوية المدرج التكراري تؤدي إلى توزيع الأعداد الرقمية للبيانات المدخلة على كل المدى الذي يمكن مشاهدته، وللحصول على المدرج التكراري المتساوي فإن عدد المستويات الذي استخدم فعلاً قد قل عن عدد المستويات المدخلة. وظهر أن تمديد التباين يكون أكبر في المناطق التي فيها أكبر عدد من عناصر الصورة.

ويوضح الشكل رقم (٥,٧) الصورة من الشكل رقم (٥,٤) بعد إجراء مد التباين المتساوي، ونلاحظ هنا كيف أن الصورة باتت تظهر معلومات أكثر وضوحاً حتى للناظر بالعين المجردة.



الشكل رقم (٥,٧). الصورة بعد إجراء مد التباين المتساوي [12].

(٥,٣,٢) مد التباين باستخدام دوال غير خطية

Contrast stretching with nonlinear functions

إن من تقنيات مد التباين غير الخطي التي تستخدم في مد التباين في جزء من المدرج التكراري أكثر من أجزاء أخرى هي دالة قوى العدد الرقمي المدخل DN_i^n (حيث n قوى 2,3,4)، وهنا نستخدم العلاقة التالية لمد التباين:

$$DN_o = DN_i^n \qquad (5.5)$$

فعند تطبيق هذه الدالة على مجموعات الأعداد الرقمية المدخلة في المدى من 5 – 15 ومقارنة ذلك بتطبيقها على المدى من 240 – 250 نجد اختلافاً كبيراً في التأثير على التباين في الفترتين. دعنا نستخدم القوى 2 للأعداد الرقمية DN^2 على سبيل المثال ونطبقها على مدى الأعداد الرقمية الصغرى ثم على الأعداد الرقمية الكبرى، النتيجة موضحة في الجدول رقم (٥,٣) أدناه:

الجدول رقم (٥,٣). تأثير دالة مربع العدد الرقمي.

الأعداد الرقمية المدخلة DN_i	الأعداد الرقمية المخرجة $DN_o = DN_i^2$
5	25
15	225
	الفرق = 200
240	5.76×10^4
250	6.25×10^4
	الفرق = 4900

ويظهر من الجدول أن دالة مربع العدد الرقمي يكون تأثيرها كبيراً جداً على التباين في الأعداد الرقمية الكبيرة مقارنة بالتأثير على الأعداد الرقمية الصغيرة. ولذلك فهي تستخدم في تمديد التباين في المناطق الأكثر نصاعة في الصورة.

ودالة أخرى يكون تأثيرها عكس دالة قوى العدد الرقمي هي دالة لوغاريثم العدد الرقمي المدخل:

$$DN_o = \log DN_i \qquad (5.6)$$

أما تأثير هذه الدالة فيكون أكبر على الأعداد الرقمية الصغيرة مقارنة بتأثيرها على الأعداد الرقمية الكبيرة، ويوضح ذلك أيضا بتطبيق هذه الدالة على الفترتين اللتين طبقنا عليهما دالة مربع العدد الرقمي أعلاه، وتظهر النتائج في الجدول رقم (٥,٤).

الجدول رقم (٥,٤). مد التباين باستخدام الدالة اللوغاريثمية.

الأعداد الرقمية المخرجة $DN_o = \log DN_i$	الأعداد الرقمية المدخلة DN_i
70 118 **الفرق = 48**	5 15
238 240 **الفرق = 2**	240 250

ويظهر من الجدول رقم (٥,٤) أن تأثير دالة اللوغاريثم يكون أكبر على الأعداد الرقمية الصغيرة، وعليه فإن استخدامها في تمديد التباين للمناطق القاتمة السوداء يكون أكثر كفاءة.

ويفضل استخدام دالة مربع العدد الرقمي أو دالة اللوغاريثم لعملية مد التباين للصورة الرقمية ذات المدرج التكراري ثنائي الوسط (bimodal) حيث توجد مجموعة كبيرة من وحدات الصورة لها أعداد رقمية صغيرة ومجموعة كبيرة أخرى لها أعداد رقمية كبيرة، وبالتالي يكون لكل مجموعة وسط في المدرج التكراري، حينئذ يتم تمديد التباين لمجموعة الأعداد الرقمية الأولى باستخدام دالة اللوغاريثم وللمجموعة الثانية باستخدام دالة التربيع.

(٥,٣,٣) مد التباين باستخدام التوزيع المنتظم Normal distribution

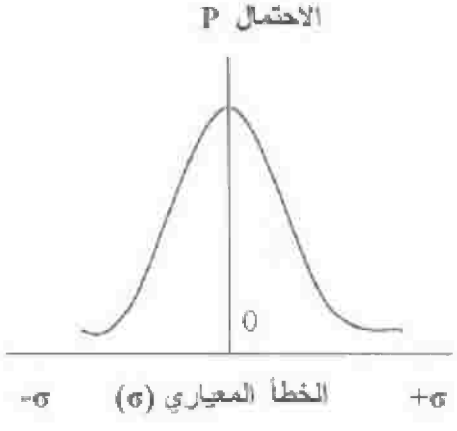
تعتمد هذه الطريقة على تحويل المدرج التكراري إلى منحنى التوزيع المنتظم المعروف بتوزيع جاوس (Gauss Distribution) والذي يمثل رياضياً بالمعادلة التالية:

$$f(x) = C\, e^{-ax2} \qquad (5.7)$$

حيث إن $C = (a/\pi)^{0.5}$ و $a = 0.5 * (1/\sigma^2)$، وحيث إن الانحراف المعياري σ يعرف في مدى المتغير x والذي تنقص دالته f(x) بمعامل $e^{-0.5}$ أو 0.607 من قيمتها القصوى، وتساوي $1/(2a)^{0.5}$، وعليه فإن 60.7% من قيم متغير التوزيع الطبيعي تقع داخل انحراف معياري واحد للمتوسط.

إن القيم المعيارية للتوزيع الطبيعي يمكن الحصول عليها من الجداول الإحصائية الملحقة بكتب الإحصاء، كما أنه يمكن حسابها باستخدام معادلات خاصة.

من المعلوم أن المنحنى الطبيعي يأخذ شكل الناقوس (bell shape)، وفيه تنقص قيمة الاحتمالية كلما بعدنا من الوسط بطريقة منتظمة ومتواصلة كما هو واضح في الشكل رقم (٥,٨).



الشكل رقم (٥,٨). منحنى التوزيع الطبيعي.

مثال تطبيقي

يوضح الجدول رقم (٥,٥) تطبيق مد التباين بطريقة التوزيع الطبيعي، ونبدأ باستخدام بيانات المدرج التكراري التي استخدمت في المثال السابق. ويظهر في هذا الجدول قيم مدى الانحراف المعياري المستخدمة من σ 3 $\pm$ من المتوسط. كالمثال السابق أيضا نستخدم 16 مستوى للأعداد الرقمية في الصورة.

جدول رقم (٥,٥). مثال تطبيقي لمد التباين باستخدام التوزيع الطبيعي.

DN_o	$\sum n_i$	n_i	P	σ	$\sum DN_i$	n_i	DN_i
2	525	525	0.0020	-3	1500	1500	0
2	1385	860	0.0033	-2.6	4000	2500	1
3	3780	2395	0.0092	-2.2	9000	5000	2
4	9505	5725	0.0220	-1.8	19000	10000	3
5	21155	11650	0.0448	-1.4	32000	13000	4
6	41410	20255	0.0779	-1.0	57000	25000	5
7	71470	30060	0.1156	-0.6	87000	30000	6
8	109565	38095	0.1465	-0.2	129000	42000	7
10	150780	41215	0.1585	0.2	189000	60000	8
11	188870	38090	0.1465	0.6	239000	50000	9
12	218930	30060	0.1156	1.0	249000	10000	10
13	239190	20260	0.0779	1.4	253000	4000	11
14	250840	11650	0.0448	1.8	257000	4000	12
15	256565	5725	0.0220	2.2	260000	3000	13
15	258960	2395	0.0092	2.6	260000	0	14
15	260000	1040	0.0040	3.0	260000	0	15

يوضح العمود الأول مستويات الأعداد الرقمية المدخلة (DN_i) والعمود الثاني يمثل عدد عناصر الصورة المدخلة في كل مستوى (n_i) وذلك من المدرج التكراري للقيم المدخلة. العمود الثالث هو عبارة عن الأعداد التراكمية لعناصر الصورة المدخلة ($\sum DN_i$). العمود الرابع يمثل مدى الانحرافات المعيارية من متوسط التوزيع الطبيعي (σ) والعمود الخامس يمثل احتمالية كل مستوى من التوزيع الطبيعي (p) ويعرف من الجداول الإحصائية. والعمود السادس يمثل عدد عناصر الصورة

المطلوبة في كل مستوى (n_i) وفي العمود السابع المجموع التراكمي لعناصر الصورة المطلوبة ($\sum n_i$). أما العمود الأخير وهو الثامن فيمثل المستوى للأعداد الرقمية لعناصر الصورة المخرجة أو الناتجة بعد مد التباين بالتوزيع الطبيعي.

من هذا الجدول نجد أن القيمة التراكمية لعدد وعناصر الصورة المدخلة من المستوى 0 هي 1500 وأن أول قيمة تزيد عليها في العمود السابع هي 3780 التي تقابل المستوى 2 ولذلك فإن المستوى المدخل 0 يصبح المستوى 2 في المخرجات (العمود الأخير)، ثم نرجع للعمود 3 لنجد أن القيمة المقابلة للمستوى 1 هي 4000 وفي العمود السابع أول قيمة تزيد عليها هي القيمة 9505 التي تقابل المستوى 3 لذلك فإن المستوى المدخل 1 يصبح في المستوى المخرج 3 ونستمر على هذا النحو حتى نكمل الجدول.

(٥,٤) التحسين بالألوان Color Enhancement

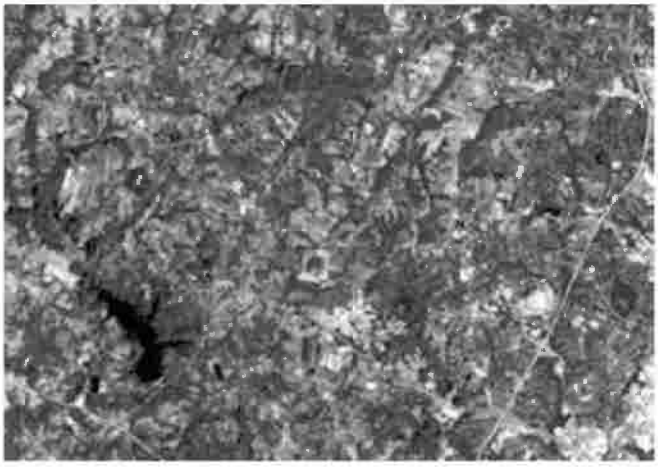
إن استخدام الألوان في عرض وتحسين الصور الرقمية يعتبر مفهوماً مهماً في معالجة الصور الرقمية ذات نطاقات الطيف المتعددة حتى يستطيع محلل الصور أن يستنبط منها معلومات أكثر عند النظر إليها لتفسيرها وتصنيفها. إن العين البشرية محدودة القدرة في تمييز درجات الرمادية فلا تستطيع أن تميز إلا حوالي مائتين درجة فقط من درجات اللون الرمادي الذي يتدرج من الأبيض إلى الأسود، ولكنها تتمتع بقدرة عالية في تمييز الألوان إذ تستطيع أن تميز ما يربو على الألفين من درجاتها الطبيعية. إن كل النظم المستخدمة لعرض الصور الرقمية تستخدم نظام إضافة الألوان المركبة (additive colors) باستخدام الثلاثة ألوان الرئيسة (الأحمر R والأخضر G والأزرق B).

وفي مجال الاستشعار عن بعد تستطيع المستشعرات أن تتحسس أجزاء من الطيف لا يمكن للعين المجردة أن تتحسسها مثل الأشعة فوق الحمراء (Infra Red).

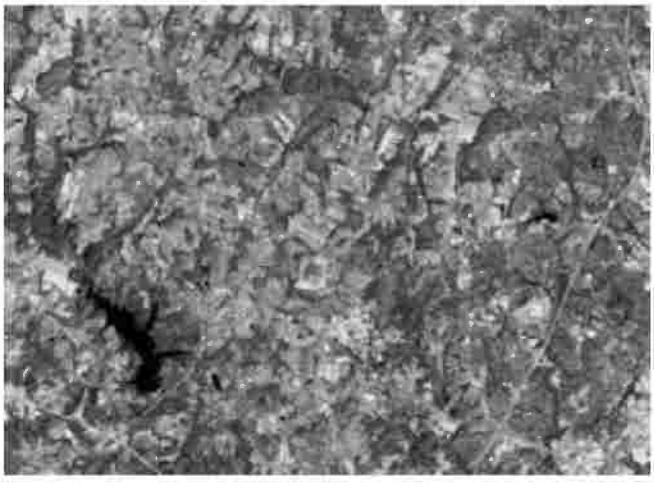
وحتى تستطيع العين البشرية أن تدرك ما تمثله هذه الحزم الطيفية لا بد من مزج أزواج من ألوان العرض الرئيسة (أحمر، أخضر، أزرق) مع الحزم الطيفية في نظام الإبصار حتى تتكون نتيجة ذلك صور ملونة.

إن من تقنيات تحسين الصورة لتسهيل قراءتها وتفسيرها أن نجعل أعداداً رقمية (DN) معينة تمثل ألواناً معينة، وبالتالي يزداد التباين لقيم معينة من الأعداد الرقمية بالنسبة لعناصر الصورة التي حولها. إن الصورة بكاملها يمكن تحويلها من أبيض وأسود إلى صورة ملونة. والصورة الملونة بالألوان الطبيعية هي تلك التي تكون الألوان فيها ممثلة للأعداد الرقمية في مجال الطيف الذي يعطي هذه الألوان بحقيقتها (بحيث تظهر الأجسام الزرقاء باللون الأزرق والأجسام الخضراء باللون الأخضر والأجسام الحمراء باللون الأحمر في الصورة). يوضح الشكل رقم (٥,٩) صورة بالألوان الطبيعية من القمر الصناعي لاندسات 7 [24]، وتظهر في الصورة الأجسام التي تعكس أشعة الطيف الحمراء من مجال الطيف المرئي باللون الأحمر كما يراها الرائي حقيقة وكذلك الحال بالنسبة للأجسام التي تعكس أشعة الطيف الخضراء والزرقاء تظهر على التوالي في الصورة باللون الأخضر واللون الأزرق. ونتيجةً لذلك تصبح الصورة تمثيلاً أقرب لحقيقة سطح الأرض كما يراه الناظر عياناً.

أما تقنية الألوان غير الحقيقية (الزائفة false) فتعتمد على وضع ألوان للأعداد الرقمية تختلف عما تمثله حقيقة من انعكاس طيفي من سطح الأرض كما يراه الناظر. من مميزات هذه التقنية أنها تساعد في التركيز على ظواهر أرضية معينة أثناء عملية تفسير الصورة، وذلك بإبراز هذه الظواهر في الصورة بألوان أكثر وضوحًا. وعلى سبيل المثال فإن صورة القمر الصناعي لاندسات 7 في الشكل رقم (٥,١٠) تم تحسينها بحيث يكون اللون الأحمر ممثلا للأشعة تحت الحمراء المنعكسة من الغطاء النباتي ولذلك تظهر النباتات الأكثر حيوية فاقعة الحمرة فيسهل تصنيفها بالعين المجردة.



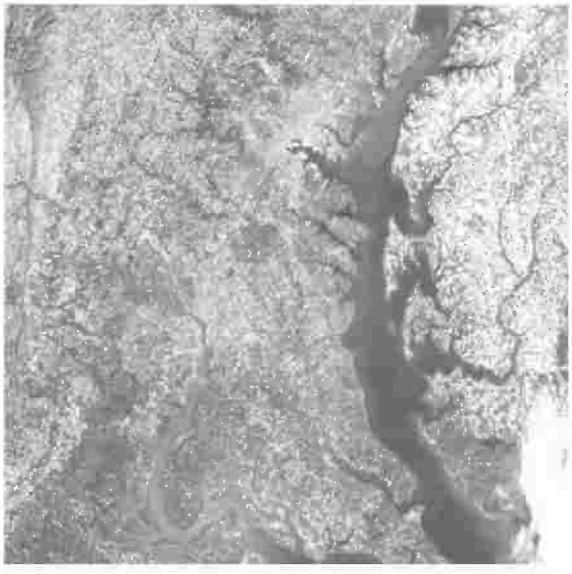
الشكل رقم (٥,٩). صورة بالألوان الطبيعية من القمر الصناعي لاندسات 7 [24].



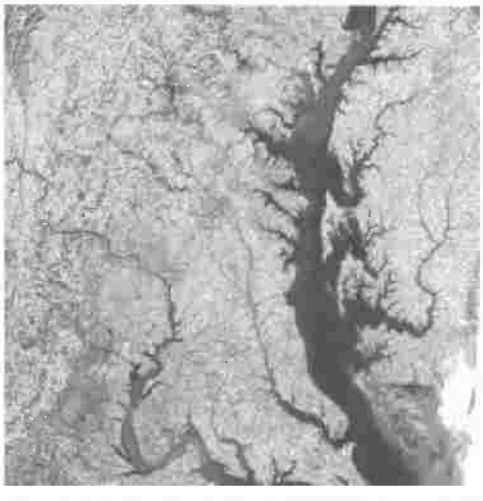
الشكل رقم (٥,١٠). صورة الشكل رقم (٥,٩) بالألوان غير الطبيعية [24].

مثال آخر: الصورة في الشكل رقم (٥,١١) هي صورة بالألوان الطبيعية لجزء من مدينة واشنطن أخذت من القمر لاندسات 7 [12] وقد تم استخدام مرشحات الألوان لعرض حزمة الطيف (3) باللون الأحمر والطيف (2) باللون الأخضر والطيف (1) باللون الأزرق، وبعد تغيير الألوان إلى ألوان غير الطبيعية (زائفة) بجعل الحزمة

الطيفية (2) تمثل اللون الأزرق والحزمة الطيفية (3) تمثل اللون الأخضر والحزمة الطيفية (4) تمثل اللون الأحمر يكون الناتج صورة بالألوان الزائفة كما في الشكل رقم (٥,١٢). لاحظ سهولة تمييز المناطق الزراعية في هذه الصورة مقارنة بسابقتها بالألوان الطبيعية.



الشكل رقم (٥,١١). صورة بالألوان الطبيعية من القمر لاندسات 7 [12].



الشكل رقم (٥,١٢). الصورة في الشكل رقم (٥,١١) بالألوان غير الطبيعية (الزائفة) [12].

وكما ذكرنا سالفاً فإن تحسين الصورة لتسهيل تفسيرها يمكن أن يتم من خلال زيادة التدرج الرمادي وهو ما عبرنا عنه بتمديد التباين وقد تم توضيحه في الفقرات السابقة في هذا الفصل، أو من خلال تحويل التدرج الرمادي إلى التمثيل اللوني سواء أكانت الألوان طبيعية أم غير طبيعية وفيما يلي تفصيل لهذه العملية.

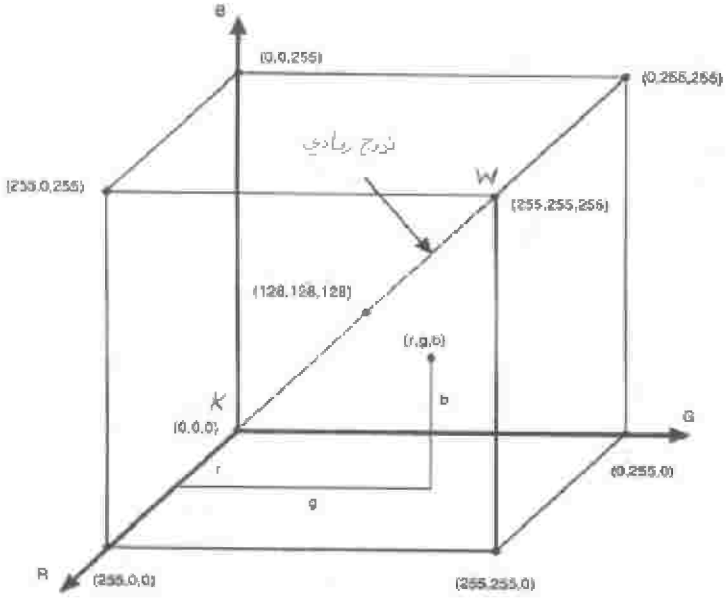
في هذه المعالجة الرقمية يتم تحويل التدرج الرمادي للصورة (أبيض/ أسود) إلى تدرج ألوان يتشكل من الألوان الأساسية: أحمر وأخضر وأزرق (Red, Green, Blue)، ويطلق عليه "نموذج الألوان". إن نموذج الألوان هو عبارة عن وسيلة لتحديد الألوان بالنسبة إلى نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد أو فضاء يحتوي على كل الألوان التي يمكن تشكيلها داخل النموذج، إن أي لون يمكن تحديده باستخدام النموذج اللوني تمثله نقطة واحدة داخل الفضاء المعرف بهذا اللون. وهنالك عدد من نظم التمثيل اللوني أو نماذج الألوان المستخدمة، يكون كل نموذج منها موجه إما إلى نظام آلي معين (مثل نموذج الألوان أحمر – أخضر – أزرق RGB (أو إلى تطبيق في معالجة الصور الرقمية (مثل نموذج: اللون – التشبع – شدة الإضاءة HSI). وفيما يلي سنقوم بشرح لكل من هذين النموذجين.

(٥,٤,١) نموذج الألوان أحمر – أخضر – أزرق RGB Model

يتكون هذا النموذج من الألوان الثلاثة الأساسية (الأحمر Red والأخضر Green والأزرق Blue) ويرمز لها ب R G B، وكل الألوان الأخرى تنتج بمزج هذه الألوان الثلاثة مع بعضها بنسب متفاوتة. هذا النموذج يمكن تمثيله بشكل مكعب كما في الشكل رقم (٥,١٣). يمثل الركن K اللون الأسود (Black) نقطة الأصل لنظام الإحداثيات وإحداثياته (0,0,0)، والأركان الثلاثة غير المتجاورة في هذا المكعب تمثل الألوان الرئيسة: أحمر (R) وإحداثياته (255,0,0) وأخضر (G) وإحداثياته (0,255,0)

وأزرق (B) وإحداثياته (0,0,255) وعليه يكون الخط KR هو المحور أسود–أحمر، والخط KG هو المحور أسود–أخضر، والخط KB هو المحور أسود–أزرق. إن أي لون يمكن تمثيله على حسب موقعه في نظام الإحداثيات (R, G, B). ويمكن ملاحظة أن اللون الأبيض (White, W) يمكن تكوينه بجمع أو مزج القيم القصوى للألوان الرئيسة الثلاثة، وتكون إحداثياته في هذا النظام هي (255,255,255).

ويمثل الخط الواصل بين الأسود والأبيض (K-W) الألوان التي يتم تكوينها بدمج قيم متساوية للألوان الرئيسة الثلاثة التي تمثل التدرج الرمادي.



الشكل رقم (٥,١٣). نموذج الألوان RGB.

إن نموذج إحداثيات RGB يساعد كثيرًا في تصميم نظم التخطيط للحاسوب ولكنه ليس الأمثل في كل التطبيقات إذ أن عناصر الألوان الرئيسة الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق لها ارتباط وثيق في ما بينها مما يجعل هنالك صعوبة في تطبيق بعض

التقنيات في معالجة الصور الرقمية. ومن النماذج التي يمكن استخدامها في معالجة الصور الرقمية النموذج التالي.

(٥,٤,٢) نموذج تدرج اللون والتشبع وشدة الإشعاع

Hue, Saturation, Intensity (HSI) Model

إن وصف اللون يمكن أن يتم باستخدام ثلاثة عناصر هي:

أ) **تدرج اللون (Hue, H)**: ويحدده طول الموجة الغالب على الأشعة التي عندما تسقط على الجسم وتنعكس إلى العين يدرك البصر البشري ذلك اللون. إن الألوان المرئية بالعين المجردة من مجال الطيف الكهرومغناطيسي يمتد طول الموجة فيها من 400 نانومتر إلى 700 نانومتر (واحد نانومتر يعادل واحد من المليون من الميليمتر).

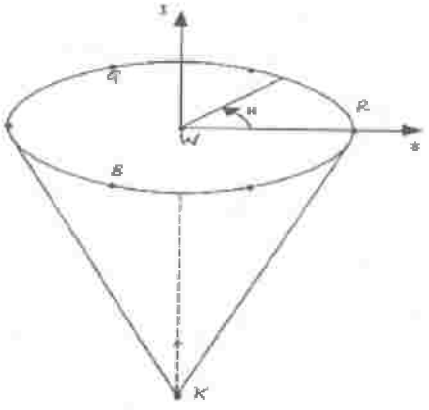
ب) **التشبع (Saturation, S)**: ويحدده مدى صفاء اللون، ويعتمد ذلك على كمية الضوء الأبيض التي تمتزج مع اللون الأساسي: فاللون الصافي الذي لا يمتزج باللون الأبيض يكون ذا درجة تشبع عالية. إن درجة صفاء اللون أو درجة التشبع تحدد اللون نفسه.

جـ) **شدة الإضاءة:(Intensity, I)** أو شدة الإشعاع وتحددها كمية الضوء، فكلما زادت كمية الضوء أو شدته زادت بذلك شدة اللون. إن درجة الرمادية (Grey level) هي عبارة عن مقياس لشدة الضوء، ويتم معرفة شدة اللون بالتعرف على كمية الطاقة المستخدمة.

وعليه فقد تم تصميم نموذج للألوان تشكل عناصره الثلاثة: اللون والتشبع وشدة الإضاءة (HSI)، ويتميز هذا النموذج بأن محاور نظام إحداثياته ليست متعامدة كما في نظم الإحداثيات المعروفة ومن بينها النظام الذي تحدثنا عنه آنفا (RGB)، ومن مميزات هذا النموذج أنه يبرز الألوان في شكل يكون أقرب لطبيعة رؤية واستيعاب الإنسان لها.

إن هذا النظام يمكن تمثيله بشكل مخروطي (انظر الشكل رقم ٥,١٤) يمثل

محوره المركزي شدة الإشعاع (I) حيث إن أقل شدة إشعاع تكون عند رأس المخروط (K) بدءًا بالرقم 0 وهو اللون الأسود في التدرج الرمادي. وتمثل الزيادة في شدة الإشعاع بالتدرج على طول المحور بعيدًا عن رأس المخروط حتى تصل الدرجة 255 على مركز قاعدة المخروط (W) والتي تمثل اللون الأبيض. يمثل هذا الخط أو المحور درجة الرمادية ولا علاقة له بأي لون. أما العنصر الثاني وهو التدرج في اللون (H) فيمكن تحديده بالموقع على محيط دائرة قاعدة المخروط. ويبدأ تدرج اللون من 0 في منتصف اللون الأحمر (R) ويزيد في اتجاه عكس اتجاه عقارب الساعة حول محيط الدائرة بالتدريج مارًا باللون الأخضر (G) عند القيمة 85 ثم اللون الأزرق (B) عند القيمة 170 إلى أن يصل الرقم 255 المطابق للرقم 0 عائداً مرة أخرى إلى اللون الأحمر. أما التشبع (S) (و هو يمثل درجة صفاء اللون) فيمثله نصف قطر الدائرة مبتدئاً بالرقم 0 عند المركز ويعني أن اللون غير صاف حيث إن كل الموجات ذات الأطوال المختلفة ممثلة بالتساوي عند هذه النقطة، ويتدرج صفاء اللون من 0 على طول نصف قطر الكرة إلى 255 عند محيطها. وقد تم استخدام التدريج من 0 – 255 ليكون هنالك توافق مع تدرج الأعداد الرقمية للصورة.



الشكل رقم (٥,١٤). نظام تدرج اللون والتشبع وشدة الإشعاع HSI.

إن من مميزات هذا النظام هو أنه يعتمد الظواهر التي يرغب محلل البيانات التركيز على دراستها. وبالإمكان إجراء عملية التمديد لخاصية التشبع مما يؤدي إلى إنتاج صورة أكثر ألواناً، وبالتالي أكثر معلومات مما يزيد من دقة تفسير الصورة وتصنيفها. وفي العديد من حالات معالجة الصور الرقمية تظهر الحاجة لتحويل الصورة الملونة من نظام RGB إلى النموذج الرقمي. وعلى سبيل المثال لاستخدام النموذج HIS في تحسين الصورة لا بد من تحويل الصورة من النموذج RGB إلى النموذج HSI ثم إجراء معالجة التحسين في هذا النظام ثم التحويل مرة أخرى من نظام HSI إلى نموذج RGB لعرض الصورة بالألوان.

(٥,٤,٣) التحويل بين النظامين

أ) التحويل من RGB إلى HSI

لإجراء التحويل من نظام RGB إلى نظام HSI نقوم باستخدام وحدة القياس الرقمي من 0 – 1 بالنسبة إلى المحاور الثلاثة في النظام RGB بدلاً من 0 – 255. وفي نظام HSI أيضا نستخدم وحدة القياس من 0 إلى 1 بالنسبة إلى عنصري التشبع S وشدة الإشعاع I، ونستخدم القياس الدائري من 0° – 360° لتدرج اللون H.

إن تعريف شدة الإضاءة I هو متوسط كميات الألوان الثلاثة R وG وB، وعليه يمكن حسابها من المعادلة:

$$I = (1/3)\,(R + G + B) \qquad (5.8)$$

أما التشبع S فيحسب من المعادلة:

$$S = 1 - [\,\min(R,G,B) / I] \qquad (5.9)$$
$$= 1 - \{\, 3*[\,\min(R,G,B)] / (R+G+B)\,\}$$

وحيث إن القيمة min(R,G,B) تعبر عن كمية الضوء الأبيض فإذا كانت قيمة أي من الألوان الثلاثة R,G,B تساوي 0 ينتفي وجود اللون الأبيض ويكون اللون صافياً.

ويحسب اللون H من المعادلة:

$$H = \cos^{-1} (q / p) \qquad (5.10)$$

حيث إن $q = 0.5 * [(R-G) + (R-B)]$

و $p = [(R-G)^2 + (R-B) * (G-B)]^{1/2}$

وإذا كانت G B < تعدل H لتأخذ الشكل التالي:

$$H' = 360^{\circ} - H \qquad (5.11)$$

مثال (٥,٤)

إذا كانت قيم الألوان الرئيسة في نظام RGB هي: R = 0.5، G = 0.3، B = 0.2

والمطلوب تحويلها إلى النموذج HSI.

الحل

بالتعويض في المعادلة (5.8):

$$I = (1/3) * [0.5 + 0.3 + 0.2] = 0.33$$

وبالتعويض في المعادلة (9.5):

$$S = 1 - (0.2 / 0.33) = 0.4$$

وللتعويض في المعادلة (5.10) نقوم بحساب قيم q و p أولاً:

$$q = 0.5 * [(0.5 - 0.3) + (0.5 - 0.2)] = 0.25$$

$$p = [(0.2)^2 + (0.5 - 0.2)*(0.3 - 0.2)]^{1/2} = (0.07)^{1/2}$$

$$H = \cos^{-1} [0.250 / (0.264)] = 19^{\circ}$$

وحيث إن G > B فلا نحتاج لتعديل قيمة H.

ب) التحويل من HSI إلى RGB:

تعتمد عملية هذا التحويل على قطاع الدائرة الذي تقع فيه قيمة H التي تعبر عن اللون:

في حالة وقوع H بين 0° و120° (أي فيما بين اللونين الأحمر والأخضر R وG) فتحسب قيم R وG وB المحولة والتي نعبر عنها ب r وg وb على التوالي كما يلي:

$$r = (1/3) * \{ 1 + S * \cos(H) / \cos(60^\circ - H) \} \quad (5.12)$$

$$b = (1/3)* (1- S) \quad (5.13)$$

$$g = 1 - (r + b) \quad (5.14)$$

وعندما تكون قيمة H في القطاع (120° - 240°) أخضر – أزرق G-B تحول قيمة H أولاً كالآتي:

$$H' = H - 120^\circ \quad (5.15)$$

ثم تحسب قيم الألوان الثلاثة

$$r = (1/3) * (1 - S) \quad (5.16)$$

$$g = (1/3) * \{ 1 + S * \cos(H') / \cos(60^\circ - H') \} \quad (5.17)$$

$$b = 1 - (r + g) \quad (5.18)$$

وإذا كانت قيمة H في القطاع الأخير: أزرق – أحمر B – R بحيث تكون $H \leq 360^\circ$ $\geq 240^\circ$ ، فنحول قيمة H لتكون $H - 240^\circ$، فنحسب قيم الألوان بالتحويل التالي:

$$r = (1/3) * (1 - S) \quad (5.19)$$

$$g = (1/3) * \{ 1 + S * \cos(H) / \cos(60^\circ - H) \} \quad (5.20)$$

$$b = 1 - (r + g) \quad (5.21)$$

ثم إن القيم r وg وb يمكن إرجاعها إلى الألوان الرئيسة R وG وB كالتالي:

$$R = 3 * I * r \,,\; G = 3 * I * g \,,\; B = 3 * I * b \quad (5.22)$$

مع ملاحظة أنه ينبغي أن تكون قيم H بالنظام الدائري الستيني.

مثال (٥,٤)

في النموذج HIS أعطيت القيم التالية: I = 0.8، S = 0.2، H = 60°. المطلوب تحويلها إلى النموذج RGB.

الحل

بالتعويض في المعادلة (5.19)

$$r = (1/3) * [\ 1 + (0.2 * 0.5)/1\ ] = 0.36$$

وبالتعويض في المعادلة (5.20)

$$b = (1/3) * [1 - 0.2\ ] = 0.27$$

وبالتعويض في المعادلة (5.21):

$$g = 1 - (0.36 + 0.27) = 0.37$$

وللتحقق نجد أن مجموع r و g و b هو:

$$0.36 + 0.27 + 0.37 = 1$$

ثم نعوض في المعادلة (5.22) لنحصل على:

$$R = 3 * 0.8 * 0.36 = 0.86$$
$$G = 3 * 0.8 * 0.37 = 0.89$$
$$B = 3 * 0.8 * 0.27 = 0.65$$

(٥,٥) تجزئة الكثافة Density Slicing

وهي عبارة عن عملية إجراء تجزئة للصورة الرقمية إلى أجزاء يتكون كل جزء منها من عناصر لها أعداد رقمية ذات حد أدنى وحد أعلى. فإذا كانت بيانات الأعداد الرقمية للصورة تمتد من 0 – 255 فنقوم بتقسيم هذه الأعداد الرقمية إلى أجزاء. على سبيل المثال الأعداد الرقمية بين 0 و20 نعتبرها الجزء الأول ويكون العدد الرقمي الممثل لها هو العدد 0، ثم الأعداد الرقمية من 21 – 40 تعتبر الجزء الثاني وتمثل بالعدد 2، وهكذا إلى الجزء الأخير والذي يكون الحد الأعلى له هو العدد الرقمي 255 ويمثله العدد n-1 إذا اعتبرنا أن عدد الأجزاء هو n. ثم من بعد ذلك نقوم بإعطاء كل جزء من هذه الأجزاء لوناً معيناً يتكون بطبيعة الحال من نسب معينة لكل لون من الألوان الرئيسية الثلاثة. إن سلبية هذه التقنية هي ضياع بعض التفاصيل إذ إن التدرج المستمر من 0 – 255 الذي كانت عليه البيانات الأصل يصبح متقطعاً أو متجزئاً إلى أجزاء

تفقد الاستمرارية، إلا أن هذه العملية يمكن أن تستخدم في تخفيض التشويش، إضافة إلى تبسيط عملية المعالجة والتصنيف وإجراء كل منهما في وقت أقصر نسبياً.

ويمكن تصنيف تجزئة الكثافة أو الصورة إلى صنفين، هما: ١) **التجزئة العامة** و٢) **التجزئة متعددة الحدود**. وفيما يلي شرح مبسط مع مثال لكل منهما [25]:

١) **التجزئة العامة**: وفيها تقسم الصورة الرقمية إلى قسمين فقط. فإذا اعتبرنا الحد الرقمي الفاصل بين القسمين في هذه الصورة هو T (ويختار من ملاحظة المخطط التكراري للصورة) فإن العدد الرقمي I(i,j) لعنصر الصورة j في الصف i يأخذ العدد الرقمي 0 إذا كان رقمها العددي أقل من T ويأخذ العدد الرقمي 1 إذا كان عددها الرقمي يساوي أو يزيد على T. ويصير العدد الرقمي الجديد لها $I_o(i,j)$ بعد التقسيم كما يلي:

$$I_o(i,j) = \begin{cases} 0 & I(i,j) < T \\ 1 & I(i,j) \geq T \end{cases} \qquad (5.23)$$

إذا افترضنا أن لدينا صورة رقمية مكونة من ٤ صفوف و٤ أعمدة بياناتها كما في الشكل رقم (٥,١٥) أدناه، وأردنا تجزئة بيانات الصورة تجزئة عامة بحيث يكون الحد الفاصل هو العدد الرقمي 5 فإن الصورة بعد التجزئة تكون على ما هو في الشكل رقم (٥,١٦):

3	3	5	6
2	5	4	7
1	2	8	9
2	1	6	7

الشكل رقم (٥,١٥). صورة رقمية 4x4 قبل التجزئة.

0	0	1	1
0	1	0	1
0	0	1	1
0	0	1	1

الشكل رقم (٥,١٦). الصورة الرقمية في الشكل (٥,١٥) بعد التجزئة العامة.

٢- التجزئة متعددة الحدود: وفي هذه الحالة يتم تقسيم الصورة إلى عدد n من الأجزاء لكل جزء منها حد أدنى وحد أعلى للأعداد الرقمية، فعناصر الصورة ذات الأعداد الرقمية بين 0 والحد الأول T_1 يرمز لها بالعدد الرقمي 0 وعناصر الصورة ذات العدد الرقمي الذي يكون أكبر من T_1 ويساوي أو يقل عن الحد T_2 يرمز لها بالعدد الرقمي 1 وعناصر الصورة ذات الأعداد الرقمية التي تكون أكبر من T_2 وتساوي أو تقل عن الحد T_3 يرمز لها بالعدد الرقمي 2 وتستمر التجزئة على هذا النحو حتى وحدات الصورة التي يكون عددها الرقمي أكبر من الحد T_{n-1} (و هو الحد قبل الأخير) ويساوي أو يقل عن N (أكبر عدد رقمي في الصورة) فيرمز لها بالعدد n وهو الرمز العددي الأخير، ويمكن توضيح ذلك رياضيا كما يلي:

$$I_o(i,j) = \begin{cases} 0 & I(i,j) \le T_1 \\ 1 & T_1 < I(i,j) \le T_2 \\ 2 & T_2 < I(i,j) \le T_3 \\ . & . \\ . & . \\ . & . \\ n & T_{n-1} < I(i,j) \le N \end{cases} \qquad (5.24)$$

ولتطبيق تجزئة الحدود المتعددة على بيانات الصورة الرقمية في الشكل رقم (٥,١٥) نفترض أن الحدود المطلوبة للتجزئة هي: $T_1 = 3$، $T_2 = 5$، $T_3 = 7$، $T_4 = 9$

فإن الصورة الرقمية بعد إجراء التجزئة متعددة الحدود تظهر كما في الشكل رقم (٥,١٧).

0	0	1	2
0	1	1	2
0	0	3	3
0	0	2	2

الشكل رقم (٥,١٧). الصورة الرقمية في الشكل رقم (٥,١٥) بعد إجراء التجزئة متعددة الحدود.

وبالمقارنة بنتيجة التجزئة العامة حيث قسمت الصورة إلى منطقتين فقط نجد أنه في هذه الحالة قد تم تقسيم الصورة إلى أربعة أقسام. كل قسم منها يمثل أعداد رقمية متقاربة ويرمز له بأحد الأرقام من 0 – 3.

إن هذه التحسينات التي تم شرحها في هذا الفصل قد شملت معالجة لوحدات الصورة على انفراد. أما في الفصلين القادمين فسيتم معالجة الصورة باستخدام وحدات من أكثر من حزمة طيفية.

(٥,٦) تمـــارين

(٥,٦,١) يمثل الشكل التالي بيانات صورة رقمية 3x5 تتراوح فيها الأعداد الرقمية بين 10 و90 والمطلوب إجراء تمديد التباين الخطي للصورة حتى تصير الأعداد الرقمية بين 0 و255.

70	90	80	60	50
60	40	50	30	60
10	70	90	20	30

(٥,٦,٢) إذا كانت أدنى قيمة لرقم عددي في صورة رقمية هي 50 وأعلى رقم عددي فيها هو DN_{max} وبعد إجراء مد التباين الخطي لهذه الصورة أصبح العدد الرقمي

الأدنى فيها هو 0 والعدد الرقمي الأعلى هو 250 فإذا كانت وحدة الصورة التي تحمل العدد الرقمي 70 قبل إجراء مد التباين صارت تحمل العدد الرقمي 65 بعد مد التباين للصورة كم يكون العدد الرقمي الأقصى DN_{max}؟

(٥,٦,٣) وضح الفرق بين نموذج اللون RGB ونموذج اللون HIS.

(٥,٦,٤) يبين الشكل أدناه بيانات صورة رقمية 4x4 استخدم العدد الرقمي 7 ليكون الحد الفاصل لتجزئة الصورة تجزئةً عامةً.

7	4	5	8
8	2	4	9
6	9	9	8
3	4	8	9

(٥,٦,٥) استخدم الحدود التالية لتجزئة الصورة الرقمية في السؤال السابق (٥,٦,٤):

$$T_3 = 9 \text{ ،} T_2 = 6 \text{ ،} T_1 = 4$$