المحاضرة السادسة

المعالجة الرقمية للبيانات

تحسين الصور الرقمية

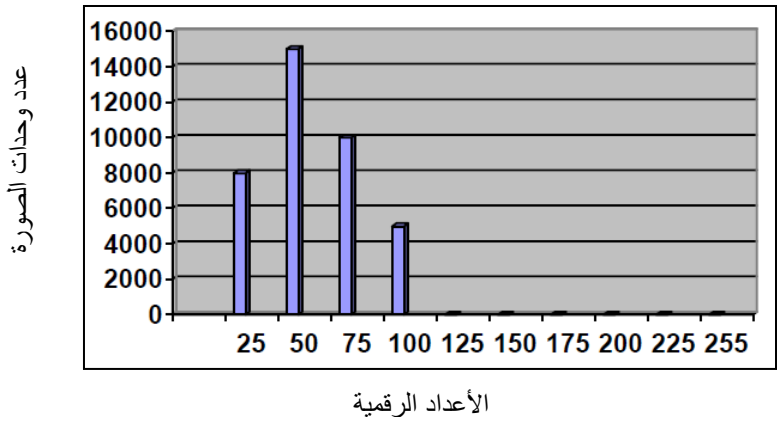
Digital Image Enhancement

مقدمة :

أن التدرج الرمادي للصورة الرقمية و الذي تمثله الأعداد الرقمية يبدأ من الرقم 0 و الذي يمثل ضعفاً شديدًا في الشعاع الواصل للمستكشف و بالتالي يمثل اللون الأسود في الصورة المرئية ، و يستمر التدرج بزيادة الأشعة و بالتالي زيادة العدد الرقمي حتى نصل إلى أقصى أشعة تصل إلى المستكشف و تمثل بالرقم 255 معبراً عن اللون الأبيض الناصع في الصورة المرئية . أما من الناحية العملية فإن الأعداد الرقمية التي تمثل وحدات الصورة تنحصر في نطاق معين داخل هذا التدرج . و كلما انحصرت الأعداد الرقمية في نطاق ضيق من هذا التدرج كلما ظهرت المعالم في الصورة المرئية الناتجة بألوان متقاربة جداً مما يجعل تمييزها من بعضها البعض أكثر صعوبة . فإذا انحصرت هذه الأعداد الرقمية في جزء من التدرج قريباً من الصفر كانت الصورة قاتمة بوجه عام ، و إذا انحصرت في الأعداد الكبيرة قريبة من الرقم 255 ظهرت معالم الصورة بيضاء بوجه عام و صار التباين بينها ضعيفاً . و يوضح الجدول التالي بيانات لجزء من صورة رقمية تتكون من 38000 وحدة صورة تمثلها أعداد رقمية تتدرج من 25 إلى 100 فقط.

الأعداد الرقمية	25	50	75	100
وحدات الصورة	8000	15000	10000	5000

و قد تم تمثيل هذه البيانات في مخطط تكراري التالي حيث يمثل فيه المحور الأفقي الأعداد الرقمية و المحور الرأسي عدد تكرار هذه الأعداد الرقمية ، أو عدد وحدات الصورة التي لها العدد الرقمي المعين . و هذا المخطط التكراري ، يعطي فكرة مباشرة عن تباين الصورة .



المنحني التكراري لصورة رقمية

و يمكن تعريف التباين بأنه تدرج و توزيع قيم وحدات الصورة الرقمية على المقياس من 0 إلى255 المستخدم بواسطة الحاسوب ، و بمعنى أوضح هو التدرج من المناطق المظلمة في الصورة إلى المناطق المضيئة ، و يعبر عنه رياضيا بالمعادلة التالية:

$$C = (Imax - Imin) / (Imax + Imin)$$

حيث أن C تمثل التباين و Imax و Imin تمثلان شدة الإضاءة القصوى و الدنيا على التوالي .
و حتى يسهل تفسير الصورة يتم تحسينها إما بتغيير التباين ليشمل كل التدرج الرمادي أو تحويل التدرج الرمادي إلى تدرج لوني . و لإجراء تحسين لهذا التباين أو للوضوح الإشعاعي للصورة هنالك تقنيات متعددة و جل هذه التقنيات تنطلق من مبدأ تمديد التدرج الرمادي أو توزيع الأعداد الرقمية لوحدات الصورة بحيث تغطي كل المدى الممكن ، أي من السواد الداكن إلى البياض الناصع أو من العدد الرقمي 0 إلى العدد الرقمي 255 ، كما و أن هنالك تقنيات يتم فيها تحويل التدرج الرمادي في الصورة إلى ألوان زائفة ، كل ذلك الغرض منه تسهيل عملية تفسير الصورة و استنباط المعلومات منها .

1- تمديد التباين الخطي Linear contrast stretch

إن الفكرة الأساسية هي زيادة مدى الأعداد الرقمية في الصورة ، فبدل أن تكون الأعداد الرقمية لوحدات الصورة كلها محصورة في نطاق ضيق فإن الهدف هو توزيع الأعداد الرقمية للصورة لتشمل جميع المدى المتاح و هو من 0 إلى 255 (في حال دقة التمييز الراديو مترية

للمستشعر 8 بت) ، حتى يكون هنالك مدى تباين واسع بين وحدات الصورة و يسهل من عملية تفسير الصورة المرئية. إن الدالة المستخدمة في هذه الطريقة هي دالة خطية يمثلها النموذج التالي:

$$DNo = 255 [(DN_i - DN_{min}) / (DN_{max} - DN_{min})]$$

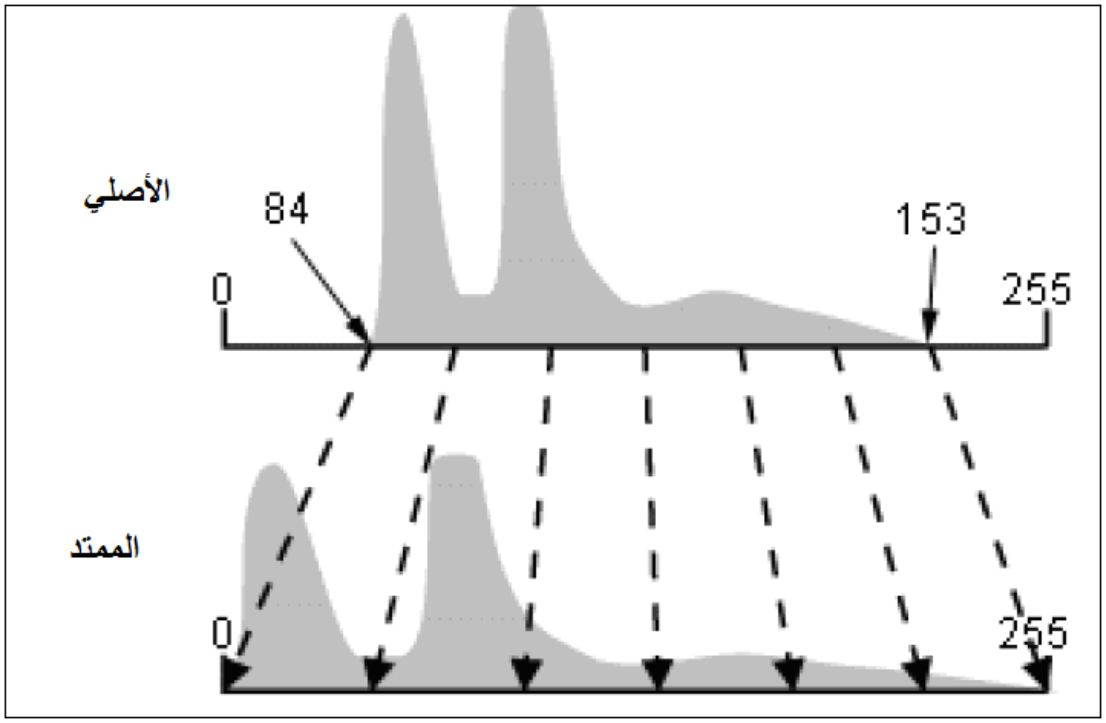
حيث :
DN_0 = العدد الرقمي المخرج لوحدة الصورة .
DN_i = العدد الرقمي الأصلي (المدخل) لوحدة الصورة .
DN_{min} = أقل عدد رقمي في البيانات المدخلة .
DN_{max} = أقصى عدد رقمي في البيانات المدخلة .

اذا كانت ادنى قيمة لوحدات الصورة DN_{min} هي 25 ، و أقصى قيمة لوحدات الصورة DN_{max} هي 100 ، فالعدد الرقمي 25 سيصبح صفر و العدد الرقمي 100 سيصبح 255 ، أما العدد 50 سيصبح :

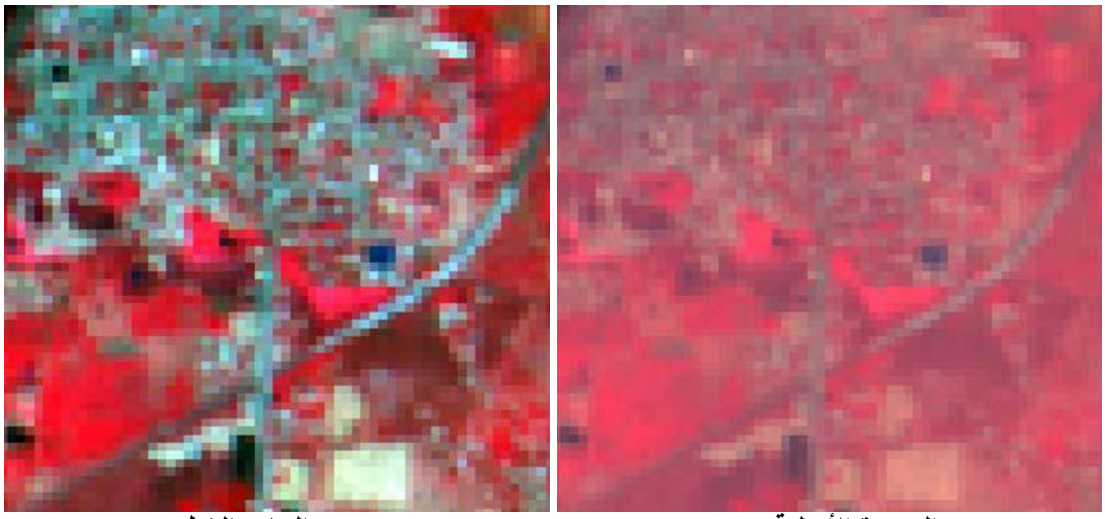
$$DN_0 = 255(50-25)/(100-25) = 85$$

و العدد الرقمي 75 سيصبح:

$$DN_0 = 255(75-25)/(100-25) = 170$$



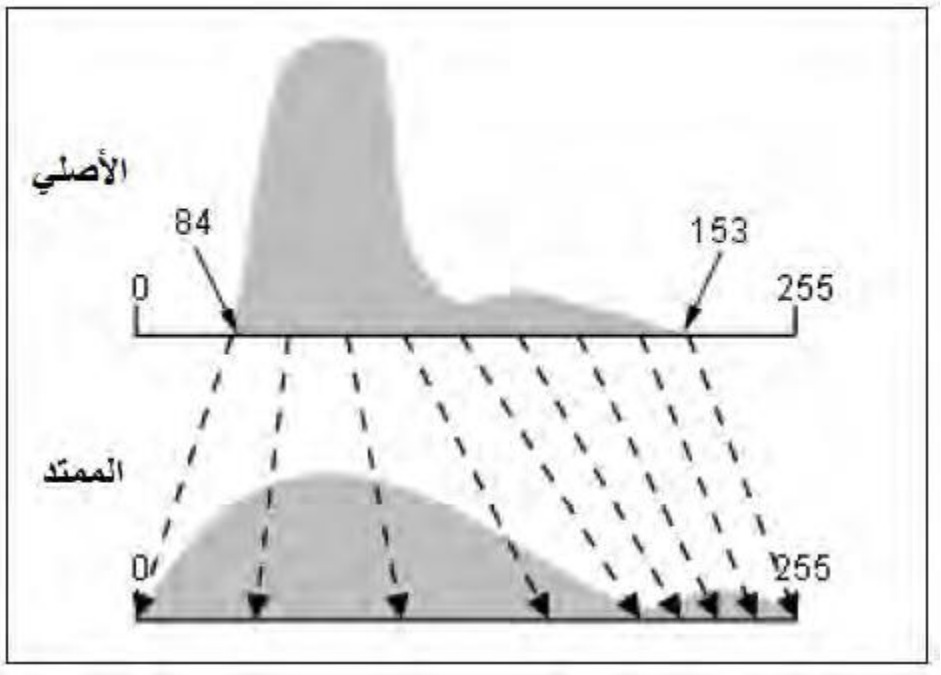
طريقة الامتداد الخطي للتباين



الصورة الأصلية **تمديد التباين الخطي**

2- **تمديد التباين اللاخطي Nonlinear stretch**

ان التوزيع المنتظم للمجال في المرئية الناتجة قد لا يكون هو أفضل طرق تحسين المرئية خاصة اذا كان المرئية الأصلية غير منتظمة التوزيع . وهنا نستخدم طريقة أخري تسمي الامتداد المتساوي البياني histogram-equalized stretch وهنا فأن الامتداد سيعطي قيم أكثر (أي مجال أكبر) للجزء المتكرر من الرسم البياني .و بهذا الأسلوب فأن تفاصيل هذا الجزء ستكون أكثر تبايناً من جزء الرسم البياني الأقل تكراراً أو حدوثاً .



طريقة الامتداد المتساوي البياني للتباين

تهدف طريقة التمديد المتساوي لمخططات التكرار Histogram equalization إلى أن يكون عدد وحدات الصورة متساوياً في كل مستوى من مستويات الأعداد الرقمية بعد عملية تمديد التباين . و بناء على ذلك فإن شكل المخطط (المدرج) التكراري يكون منتظماً . و تستخدم هذه التقنية مع الطرق المتقدمة لتحسين الصورة .

و يتم إجراء هذه العملية بإتباع الخطوات التالية :

- التعرف على العدد الكلي لوحدات الصورة N ، و عدد مستويات الأعداد الرقمية التي توزع عليها وحدات الصورة T ، عدد وحدات الصورة التي نهدف لأن تكون موجودة في كل مستوى من مستويات الأعداد الرقمية نحصل عليه بقسمة مجموع وحدات الصورة على عدد مستويات الأعداد الرقمية.

$$n_t = N / T$$

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

$$k_j = n_0 + n_1 + n_2 + \ldots + n_j$$

حيث أن nj هو عدد وحدات الصورة في مستوى العدد الرقمي j .

نحول كل المستويات المدخلة nt و التي تساوي j_0 و تقل الى مستوى مخرج 0 . ثم نبحث على المستوى J_1 و هو الذي يزيد على ضعف العدد المطلوب ($2n_t$) ثم نحول كل المستويات الأكبر من j_0 و ليست أكبر من J_1 الى المستوى المخرج 1 و نستمر 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 ،
و ذلك يعني أن عدد المستويات المخرجة قد يقل عن عدد المستويات المدخلة . إن تطبيق هذه الطريقة ليس بتلك الصعوبة و يمكن متابعته من خلال المثال التالي:

مثال

قسمت الأعداد الرقمية لوحدات صورة رقمية إلى 16 مستوى ، من 0 إلى 15 ، و يوضح الجدول التالي أعداد وحدات الصورة في كل مستوى . المطلوب إجراء مد التباين المتساوي لمدرجات التكرار لهذه البيانات.

مستوى الأعداد الرقمية (المدخلة)	عدد وحدات الصورة في المستوى	عدد وحدات 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

الحل:

أولاً : نحسب مجموع وحدات الصورة في كل المستويات = 260000 وحدة صورة .

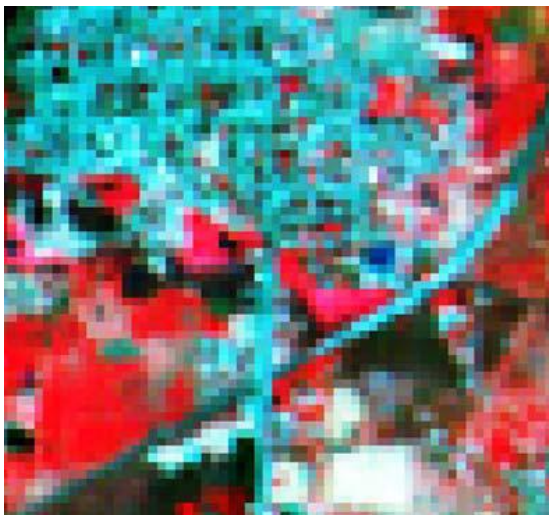
ثانياً : نحسب عدد وحدات الصورة التي نهدف لأن تكون موجودة في كل مستوى ، وهي المتوسط = مجموع وحدات الصورة على عدد المستويات ، nt = 16 / 260000 = 16250 .

ثالثاً : نحسب عدد وحدات الصورة التراكمي للمستويات من 0 إلى 15 و نسجل هذه القيم في العمود الثالث في الجدول . نبحث في العمود الثاني عن أول قيمة تراكمية تزيد على nt (16250) و نجد أن القيمة التراكمية 19000 في الصف الرابع المقابل للمستوى المدخل 3 هي التي تحقق ذلك ، و عليه فإن مستويات الأعداد الرقمية المدخلة الأقل وهي 0 و 1 و 2 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 ، ثم نبحث عن القيمة التراكمية التي تزيد على أو تساوي 2nt (2nt = 32500) و نجد أن القيمة التراكمية التي تحقق ذلك هي 57000 التي تقابل المستوى المدخل 5 فنعطيها المستوى المخرج 2 و ما قل منها و زاد على 19000 نعطيه المستوى 1 الذي أعطيناه للقيمة 19000 . ثم نبحث عن القيمة التراكمية التي تزيد على أو تساوي (3nt = 48750) و نجد أن القيمة السابقة نفسها 57000 تحقق ذلك ، و لذلك فإن هذه القيمة تستحق المستوى المخرج 3 بدل المستوى 2 و عليه فإن المستوى المخرج 2 يظل بدون وحدات صورة. ثم نبحث عن القيمة التراكمية التي تزيد على أو تساوي 4nt (4nt = 65000) و نجد أن القيمة التراكمية 87000 تحقق ذلك ، بل إنها تزيد على 5nt (5 nt = 81250) و عليه فإن المستوى المدخل 6 المقابل للقيمة التراكمية 87000 نعطيه المستوى المخرج 5 و يصبح المستوى المخرج 4 بدون وحدات صورة . و كذلك الحال بالنسبة للقيمة التراكمية 129000التي تقابل المستوى المدخل 7 فإنها تزيد على 7nt (113750) و لذلك يتحول هذا المستوى إلى المستوى7 في المستويات المخرجة و يصبح المستوى 6 في المخرجات فارغا أيضا . و تستمر العملية على هذا المنوال حتى نحول كل المستويات المدخلة إلى مستويات مخرجة. و فيما يلي عدد وحدات الصورة في كل مستوى من مستويات الأعداد الرقمية المخرجة:

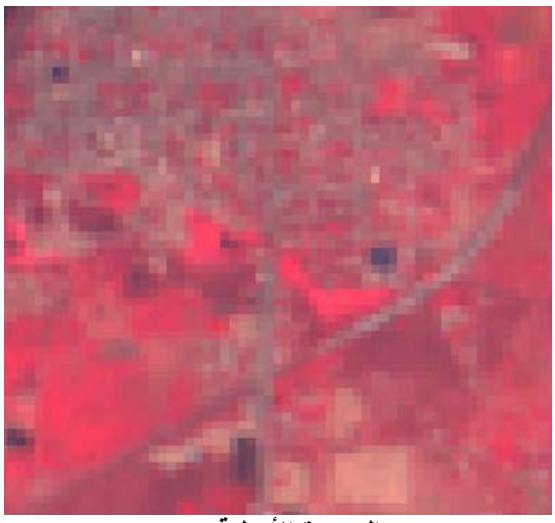
المستوى	0	1	2	3	4	5	6	7
العدد	9000	23000	0	25000	0	30000	0	42000

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

و يلاحظ 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 و تقليله في الأطراف . و قد أظهر هذا المثال أن تسوية المدرج التكراري تؤدي إلى توزيع الأعداد الرقمية للبيانات المدخلة على كل المدى الذي يمكن مشاهدته ، و للحصول على المدرج التكراري المتساوي فإن عدد المستويات الذي استخدم فعلاً قد قل عن عدد المستويات المدخلة . و ظهر أن تمديد التباين يكون أكبر في المناطق التي فيها أكبر عدد من وحدات الصورة.



تمديد التباين المتساوي لمنحنى التكرار



الصورة الأصلية

- **تمديد التباين باستخدام دوال لاخطية Contrast stretching with nonlinear functions**

دالة قوى العدد الرقمي : إن من تقنيات تمديد التباين اللاخطي و التي تستخدم في تمديد التباين في جزء من المخطط التكراري أكثر من أجزاء أخرى هي دالة قوى العدد الرقمي المدخل Dn^n_i (حيث n قوى 2,3,4) ، و هنا نستخدم العلاقة التالية لتمديد التباين :

$$DN_o = Dn_i^n$$

فعند تطبيق هذه الدالة على مجموعات الأعداد الرقمية المدخلة في المدى من 5 إلى 15 و مقارنة ذلك بتطبيقها على المدى من 240 إلى 250 نجد اختلافا كبيراً في التأثير على التباين في الفترتين . اذا نستخدم القوى 2 للأعداد الرقمية على سبيل المثال DN^2 و نطبقها على مدى الأعداد الرقمية الصغرى ثم على الأعداد الرقمية الكبرى ، النتيجة موضحة في الجدول التالي :

الأعداد الرقمية المخرجة $DN_o = DN_i^2$	الأعداد الرقمية المدخلة DN_i
25	5
225	15
الفرق = 200	
5.76×10^4	240
6.25×10^4	250
الفرق = 0.49×10^4	

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

دالة لوغاريثم العدد الرقمي المدخل:
أما تأثير هذه الدالة فيكون أكبر على الأعداد الرقمية الصغيرة مقارنة بتأثيرها على الأعداد الرقمية الكبيرة ، و يوضح ذلك أيضا بتطبيق هذه الدالة على الفترتين اللتين طبقنا عليهما دالة مربع العدد الرقمي أعلاه ، و تظهر . النتائج في الجدول التالي :

$$DN_o = \log DN_i$$

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

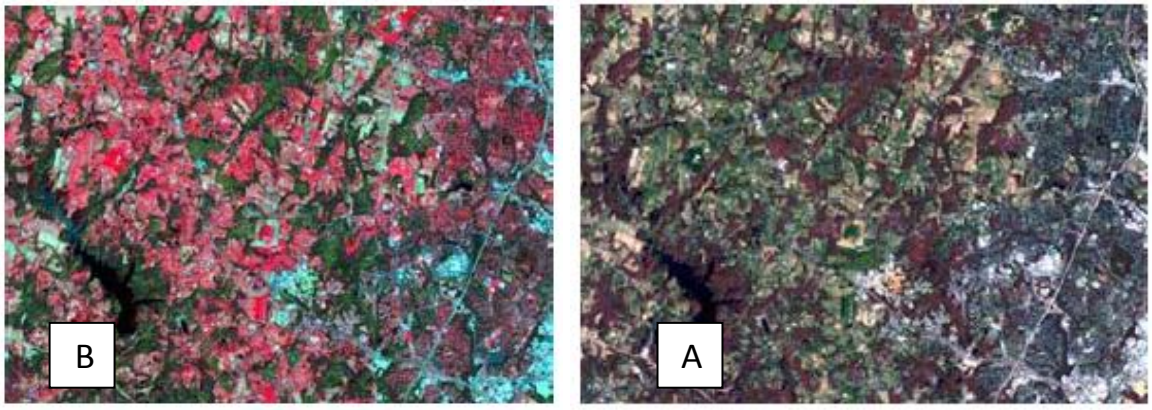
و يظهر من الجدول أن تأثير دالة اللوغاريثم يكون أكبر على الأعداد الرقمية الصغيرة ، و عليه فإن استخدامها في تمديد التباين للمناطق القاتمة السوداء يكون أكثر كفاءة.
ويفضل استخدام دالة مربع العدد الرقمي أو دالة اللوغاريثم لعملية مد التباين للصورة الرقمية ذات المدرج التكراري ثنائي الوسط حيث توجد مجموعة كبيرة من وحدات الصورة لها أعداد رقمية صغيرة و مجموعة كبيرة أخرى لها أعداد رقمية كبيرة ، و بالتالي يكون لكل

مجموعة وسط في المدرج التكراري ، حينئذ يتم تمديد التباين لمجموعة الأعداد الرقمية الأولى باستخدام دالة اللوغاريثم و للمجموعة الثانية باستخدام دالة التربيع .

3- التحسين بالألوان Color Enhancement

إن استخدام الألوان في عرض و تحسين الصور الرقمية يعتبر مهما في معالجة الصور الرقمية ذات نطاقات الطيف المتعددة حتى يستطيع محلل الصور أن يستنبط منها معلومات أكثر عند النظر إليها لتفسيرها و تصنيفها . إن العين البشرية محدودة القدرة في تمييز درجات الرمادية (تستطيع العين البشرية أن تميز حوالي مائتين درجة فقط من درجات اللون الرمادي الذي يتدرج من الأبيض الى الأسود) و لكنها تتمتع بقدرة عالية في تمييز الألوان (تستطيع العين أن تميز ما يربو على الألفين من درجات الألوان الطبيعية) . إن كل النظم المستخدمة لعرض الصور الرقمية تستخدم نظام إضافة الألوان المركبة باستخدام الثلاث ألوان الرئيسة (الأحمر ، الأخضر ، الأزرق) .

إن من تقنيات تحسين الصورة لتسهيل قراءتها و تفسيرها أن نجعل أعدادا رقمية (DN) معينة تمثل ألوانا معينة ، و بالتالي يزداد التباين لقيم معينة من الأعداد الرقمية بالنسبة لوحدات الصورة التي حولها . إن الصورة بكاملها يمكن تحويلها من أبيض و أسود الى صور ملونة . و الصورة الملونة بالألوان الطبيعية هي تلك التي تكون الألوان ممثلة للأعداد الرقمية في مجال الطيف الذي يعطي هذه الألوان بحقيقتها (بحيث تمثل الأجسام الزرقاء باللون الأزرق و الأجسام الخضراء باللون الأخضر و الأجسام الحمراء باللون الأحمر في الصورة) .
أما تقنية الألوان غير الحقيقة (الزائفة False) فتعتمد على وضع ألوان للأعداد الرقمية تختلف عما تمثله حقيقة من انعكاس طيفي من سطح الأرض كما يراه الناظر . من ميزات هذه التقنية أنها تساعد في التركيز على ظواهر أرضية معينة أثناء عملية تفسير الصورة ، و ذلك بإبراز هذه الظواهر في الصورة بألوان أكثر ظهوراً .



الصورة A عرض صورة لاندسات بالألوان الحقيقة
الصورة B عرض صورة لاندسات بالألوان الكاذبة

و كما ذكرنا سالفاً فإن تحسين الصورة لتسهيل تفسيرها يمكن أن يتم من خلال زيادة التدرج الرمادي و هو ما عبرنا عنه بتمديد التباين أو من خلال تحويل التدرج الرمادي الى التمثيل اللوني سواء كانت الألوان طبيعية أو غير طبيعية و ذلك يتم بتحويل التدرج الرمادي للصورة (أبيض/أسود) الى تدرج ألوان يتشكل من الألوان الأساسية : أحمر و أزرق و أخضر ، و يطلق عليه " نموذج الألوان " . أن نموذج الألوان هو عبارة عن وسيلة لتحديد الألوان بالنسبة الى نظام إحداثيات ثلاثي الأبعاد أو فضاء يحتوي على كل الألوان التي يمكن تشكيلها داخل النموذج ، أن أي لون يمكن تحديده باستخدام النموذج اللوني تمثله نقطة واحدة داخل الفضاء المعرف بهذا اللون
إن من مميزات هذا النظام هو أنه يعتمد الظواهر التي يرغب محلل البيانات التركيز على دراستها . و بالإمكان إجراء عملية التمديد لخاصية التشبع مما يؤدي إلى إنتاج صورة أكثر ألواناً ، و بالتالي أكثر معلومات مما يزيد من دقة تفسير و تصنيف الصورة .

4- ترشيح الصور الرقمية Image filtering

مقدمة :
في حين أن التحسين الإشعاعي للصورة الرقمية يتم لكل وحدة من وحدات الصورة منفردة فإن عمليات الترشيح أو التصفية (Filtering) و التي تطبق على الرقم العددي لوحدة الصورة بناءاً على الأعداد الرقمية لوحدات الصورة المجاورة تؤدي الى ما يسمى التحسين المكاني (Spatial Enhancement) للصورة ، و لذلك فإن هذه التقنية أو العملية يطلق عليها أيضا الترشيح المكاني (Spatial frequency) .
إن التحسين المكاني يتعامل لحد كبير مع التردد المكاني (Spatial Frequency) و الذي يمثل الفرق بين القيم (الأعداد الرقمية) القصوى و الدنيا لمجموعة وحدات الصورة المجاورة لوحدة الصورة تحت المعالجة . أي أن التردد المكاني هو عدد التغيرات في الأعداد

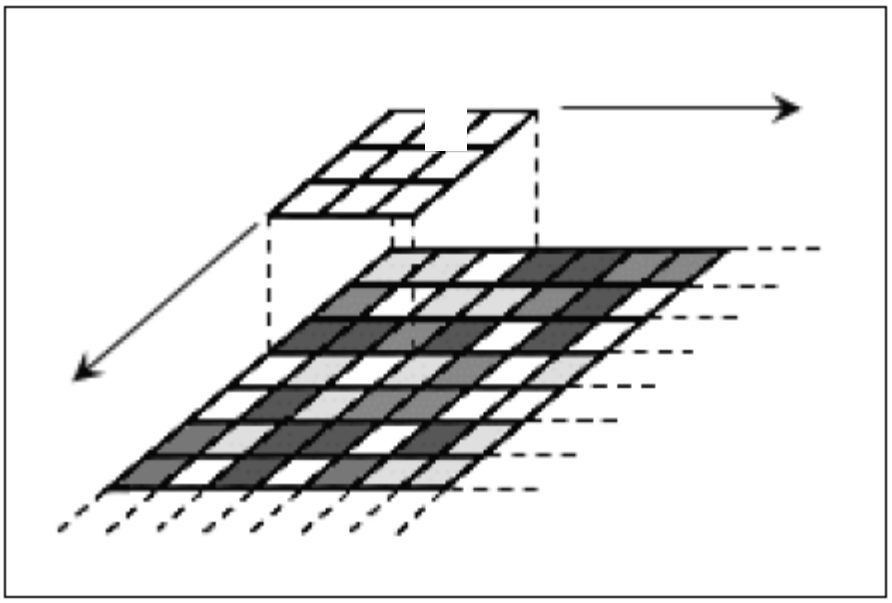
الرقمية (شدة الإضاءة) في وحدة المسافة لكل جزء معين من الصورة . إن بيانات الصورة الرقمية قد تحتوي على بيانات عالية التردد المكاني (High Spatial Frequency) في جزء منها و على بيانات منخفضة التردد لمكاني (Low Spatial Frequency) في جزء أخر . إن البيانات منخفضة التردد المكاني تمثل تغيراً تدريجياً في الأعداد الرقمية على مساحة واسعة من الصورة أو على عدد كبير من وحدات الصورة .
وذلك يعني تغيراً تدريجياً في شدة الإضاءة و يحدث ذلك في مناطق مثل الكتل المائية و الحقول الزراعية الواسعة و يطلق عليها المناطق الناعمة (Smooth) . و بالمقابل البيانات عالية التردد المكاني تمثل تغيراً سريعاً في الأعداد الرقمية في مساحة صغيرة من الصورة بمعنى أنها تمثل تحولاً كبيراً في التدرج الرمادي للصورة كما في حالات الطرق و شبكات الصرف و الأنهار و حدود الحقول الزراعية و يطلق عليها المناطق الخشنة (Coarse) و يمكن توضيح اختلافات التردد المكاني على النحو التالي :

- تردد مكاني معدوم : يعني صورة منبسطة تتسم بأن كل وحدات الصورة فيها تحمل نفس العدد الرقمي .
- تردد مكاني منخفض : يعني صورة تتسم بتغير تدريجي ناعم في المستوى الرمادي لوحدات الصورة .
- تردد مكاني عالي : يعني صورة رقمية تحتوى على وحدات صورة سوداء و بيضاء .

و قد صممت مرشحات لإبراز المعالم منخفضة التردد المكاني و أخرى لإبراز المعالم عالية التردد المكاني .

مرشح الصورة الرقمية

نافذة تصفية أو ترشيح تتحرك على طول الصورة . و هي عبارة عن مصفوفة مربعة أو مستطيلة "شريطة أن يكون عدد الأعمدة و الصفوف فرديا" ، تحتوي على عدد متساو أو غير متساو من الصفوف والأعمدة . يحتوي كل حقل من نافذة التصفية على عامل وزن ، والذي يتم استخدامه على قيم DN للصورة الأصلية .يتم تعيين القيمة الناتجة لنافذة التصفية بأكملها إلى الحقل المركزي للنافذة . تعمل المرشحات الرقمية عن طريق تغيير القيم للخلية المركزية وفقاً لطبيعة القيم المجاورة.



طريقة التصفية المكانية

الفوائد من استخدام المرشحات

تحسين الصورة من خلال:

- القضاء على الاضطرابات في النقاط و / أو الخطوط .
- إزالة الضجيج .
- تحديد الحواف او الخطوط الفاصلة بين المعالم المختلفة على الصورة .

أنواع المرشحات

- **مرشح الانتقال المنخفض أو مرشح الوزن المتساوي Low pass filter (مرشح المعدل)**

1	1	1
1	1	1
1	1	1

مثال:
لدينا بيانات صورة فضائية على الشكل التالي:

18	20	17	19	18
20	**24**	19	22	14
23	32	29	27	19
21	36	30	28	16
20	34	28	26	18

طبق عليها مرشح الانتقال المنخفض ؟

DN´=[(18x1)+(20x1)+(17x1)+(20x1)+(24x1)+(19x1)+ (23x1)+(32x1)+(29x1)] / 9 = 22
تعطي الخلية المركزية القيمة 22 بدل 24 و هكذا يتم تطبيق المرشح على كافة الخلايا (البيكسلات).

أن تطبيق هذا المرشح يقلل من التغير في الأعداد الرقمية و يجعل الصورة أكثر نعومة و تصبح الظواهر الطولية كالطرق مثلا أقل بروزاً في الصورة بعد الترشيح ، كما و أنه يخفف من الضجيج في الصورة .

- **مرشح الانتقال العالي High pass filter**

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

مثال:
لدينا بيانات صورة فضائية على الشكل التالي:

30	40	50	30
20	90	40	40
30	40	50	40
30	20	30	50

طبق عليها مرشح الانتقال العالي ؟

DN´=[(**8x90**)+(-1x30)+(-1x40)+(-1x50)+(-1x20)+(-1x40)+(-1x30)+(-1x40)+(-1x50)] / 9 = 46.6

تعطي الخلية المركزية القيمة 46.6 بدل 90 و هكذا يتم تطبيق المرشح على كافة الخلايا (البيكسلات).

أن تطبيق هذا المرشح يؤدي إلى إبراز الظواهر الحدودية (الطولية) كالطرق و الخطوط الحديدية و الأنهار و تسمى ايضا مرشحات تحسين الحواف . ويتم ابراز هذه المعالم بزيادة التغير في درجة الرمادية بين وحدات الصورة المتجاورة ويكثر تطبيقها في التعرف على الظواهر الجيولوجية مثل الصدوع و الشقوق و الكسور الصخرية و تستخدم ايضا في تحديد مواقع التراكمات المعدنية .

- **مرشح الوسيط :** الوسيط يمكن العثور عليه من خلال ترتيب كل DN من أدنى قيمة إلى أعلى قيمة واختيار القيمة الوسطى و إعطاءه للحقل المركزي. يتم استخدامه لإزالة الضجيج أو القمم المنعزلة ، مع الحفاظ على الحواف .

- **مرشح المنوال** : البكسل المركزي أو الخلية المركزية يحصل على القيمة الأكثر تكراراً للنافذة ، ويتم استخدامه بعد عمليات التصنيف .

المراجع :

- الحسن ، عصمت . محاضرات في الاستشعار عن بعد ، كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود .
- Dawod, Gomaa M., 2015, Fundamentals and applications of remote sensing (in Arabic), Cairo, Egypt.