الفصل السادس

ترشيح الصور الرقمية
Image Filtering

(٦,١) مقدمة

في حين أن التحسين الإشعاعي للصورة الرقمية والذي شرحناه في الفصل السابق يتم لكل عنصر من عناصر الصورة منفرداً فإن عمليات الترشيح أو التصفية (filtering) التي تطبق على الرقم العددي لعنصر الصورة بناءً على الأعداد الرقمية لعناصر الصورة المجاورة تؤدي إلى ما يسمى التحسين المكاني (spatial enhancement) للصورة، ولذلك فإن هذه التقنية أو العملية يطلق عليها أيضا الترشيح المكاني (spatial filtering). إن التحسين المكاني يتعامل لحد كبير مع التردد المكاني (spatial frequency) الذي يمثل الفرق بين القيم (الأعداد الرقمية) القصوى والدنيا لمجموعة عناصر الصورة المجاورة للعنصر الصورة تحت المعالجة. وقد اعتمد جنسن [6] Jensen التعريف التالي للتردد المكاني "هو عدد التغيرات في الأعداد الرقمية (شدة الإضاءة) في وحدة مسافة لكل جزء معين من الصورة". إن بيانات الصورة الرقمية قد تحتوي على بيانات عالية التردد المكاني (high spatial frequency) في جزء منها وعلى بيانات منخفضة التردد المكاني (low spatial frequency) في جزء آخر. إن البيانات منخفضة التردد المكاني تمثل تغيرًا تدريجياً في الأعداد الرقمية على مساحة

واسعة من الصورة أو على عدد كبير من عناصر الصورة، وذلك يعني تغيراً تدريجياً في شدة الإضاءة ويحدث ذلك في مناطق مثل الكتل المائية والحقول الزراعية الواسعة. ويطلق عليها المناطق الناعمة (smooth). وبالمقابل فإن البيانات عالية التردد المكاني تمثل تغيراً سريعاً في الأعداد الرقمية في مساحة صغيرة من الصورة، بمعنى أنها تمثل تحولاً كبيرًا في التدرج الرمادي للصورة كما في حالات الطرق وشبكات الصرف والأنهار وحدود الحقول الزراعية، ويطلق عليها المناطق الخشنة (coarse).

ويمكن توضيح اختلافات التردد المكاني على النحو التالي:

أ) تردد مكاني معدوم: يعني صورة منبسطة تتسم بأن كل عناصرها تحمل نفس العدد الرقمي.

ب) تردد مكاني منخفض: يعني صورة تتسم بتغير تدريجي ناعم في المستوى الرمادي لعناصر الصورة.

جـ) تردد مكاني عالي: يعني صورة رقمية تحتوي على عناصر صورة بيضاء وسوداء.

وقد صممت مرشحات لإبراز المعالم منخفضة التردد المكاني وأخرى لإبراز المعالم عالية التردد المكاني. وسنبدأ أولاً بتعريف لمرشح الصورة الرقمية.

(٦,٢) مرشح الصورة الرقمية

يمكن تعريف المرشح أو المصفاة (filter) بأنه مصفوفة أرقام تستخدم في عمليات حسابية بسيطة للحصول على صورة رقمية جديدة يتم فيها تغيير الأعداد الرقمية لعناصر الصورة الأصل. هذه المصفوفة يمكن أن تكون مربعة وهي الأكثر استعمالا (3صفوف 3x أعمدة، أو 5 صفوف x 5 أعمدة)، كما يمكن أن تكون مستطيلة يختلف فيها عدد الأعمدة عن عدد الصفوف بشرط أن يكون عدد كل منهما

فردياً. ويتم تصميم أرقام المرشح من قبل محلل البيانات على الوجه الذي يقتضيه الاستفادة من المرشح.

وعلى سبيل المثال فإن الشكل رقم (٦,١) يبين مرشح 3x3 يطلق عليه مرشح الطي، كل عنصر فيه يحمل الرقم 1. ولمعالجة مصفوفة الصورة الرقمية التي تحتوي على 5x5 من عناصر الصورة على حسب ما هو موضح في الشكل رقم (٦,٢)، فإننا نضع المرشح على عناصر الصورة في الركن الأعلى في يسار المصفوفة ونوجد متوسط مجموع حاصل ضرب كل رقم من المرشح في الرقم المقابل له في مصفوفة عناصر الصورة. ويستبدل الناتج بالعدد الرقمي الذي كان في مركز المصفوفة المعالجة.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

الشكل رقم (٦,١). مرشح الوزن المتساوي للصورة.

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

الشكل رقم (٦,٢). مصفوفة الصورة الرقمية تحت الترشيح.

ففي هذا المثال نستبدل العدد الرقمي وهو في مركز الجزء من الصورة تحت المعالجة بناتج العملية التالية:

$$[(18x1)+(20x1)+(17x1)+(20x1)+(24x1)+(19x1)+(23x1)+(32x1)+(29x1)] / 9 = 22$$

فنضع الرقم 22 مكان الرقم 24. ثم نحرك المرشح في اتجاه اليمين بمقدار عمود واحد ونقوم بنفس العملية ونضع حاصل العملية المشابهة للعملية السابقة مكان الرقم 19.

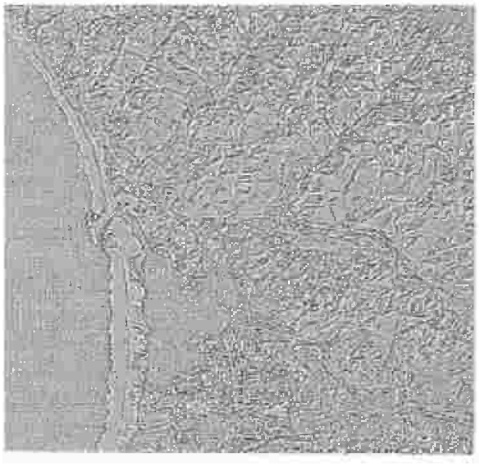
إن تطبيق المرشح 3x3 يؤدي إلى صورة يقل عدد صفوفها وعدد أعمدتها عن الصورة الأصلية المدخلة بصفين وموديين، وإذا استخدمنا مرشحات أكبر يكون الفاقد أكبر من ذلك. ولذلك فإن برامج الترشيح تصمم لإنتاج صورة رقمية لها نفس عدد الصفوف والأعمدة كما للصورة المدخلة ويتم ذلك بمد حدود الصورة المدخلة في كل الاتجاهات بتكرار الصف الأول والأخير وتكرار العمود الأول والأخير حتى يتم تطبيق الترشيح على كل عناصر الصورة المدخلة فيكون الناتج صورة مخرجة لها نفس عدد الصفوف والأعمدة.

وقد تم تصميم مرشحات عديدة لتحسين الوضوح المكاني في الصورة. ومن بين هذه المرشحات مرشح الوزن المتساوي الذي بيناه في الشكل رقم (٦,١) سابقاً والذي يحمل كل عنصر فيه الرقم 1. إن تطبيق هذا المرشح يقلل من التغير في الأعداد الرقمية ويجعل الصورة أكثر نعومة وتصبح الظواهر الطولية كالطرق مثلا أقل بروزا في الصورة بعد الترشيح، كما وأنه يخفف من التشويش في الصورة. وسنقدم أمثلة لبعض المرشحات المستخدمة في التحسين المكاني للصورة.

(٦,٣) مرشحات الانتقال العالي High Pass Filters (HPF)

ويطلق عليها مرشحات الانتقال أو المرور العالي؛ لأنها تؤدي إلى إبراز الظواهر الحدودية (الطولية) كالطرق والخطوط الحديدية والأنهار وتسمى أيضا مرشحات تحسين الحواف (edge enhancement filters) لنفس السبب. ويتم إبراز هذه المعالم بزيادة التغير في درجة الرمادية بين وحدات الصورة المتجاورة ويكثر تطبيقها في التعرف على الظواهر الجيولوجية مثل الصدوع (faults) والشقوق أو الكسور (fractures) الصخرية وتستخدم أيضا في تحديد مواقع التراكمات المعدنية (mineral deposits).

ويوضح الشكل رقم (٦,٣) الصورة التي استخدمت في الفصل الخامس لتوضيح عملية تمديد التباين (الشكل رقم ٥,٥) وقد أجريت لها عملية ترشيح الانتقال العالي بعد تمديد التباين فبرزت الطرق والأنهار والأجسام ذات الطابع الطولي بصورة واضحة.



الشكل رقم (٦,٣). الصورة في الشكل رقم (٥,٥) بعد ترشيح الانتقال العالي [12] .

وقد تم تصميم مرشحات انتقال عالي كثيرة. إن أحد أبسط هذه المرشحات هو الذي يكون فيه الرقم في مركز مصفوفة المرشح رقماً موجباً كبيراً محاطاً بأرقام سالبة صغيرة كما في الشكل رقم (٦,٤).

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

الشكل رقم (٦,٤). مرشح انتقال عالي (high pass filter).

وتوجد أيضا مرشحات الاتجاه الواحد التي تستخدم في إظهار الخطوط في الاتجاهات الرأسية والأفقية والمائلة. وعلى سبيل المثال فمرشح شمال - جنوب (الشكل رقم ٦,٥) يستخدم لتوضيح المعالم الخطية التي تكون في اتجاه متعامد مع اتجاه الشمال/ جنوب، وكذلك مرشح شمال - غرب (الشكل رقم ٦,٦) لإظهار المعالم الخطية التي تكون مائلة بالنسبة لاتجاه الشمال، أي في اتجاه الشمال الغربي.

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

الشكل رقم (٦,٥). مرشح شمال - جنوب (NS).

0	0	1
0	0	0
-1	0	0

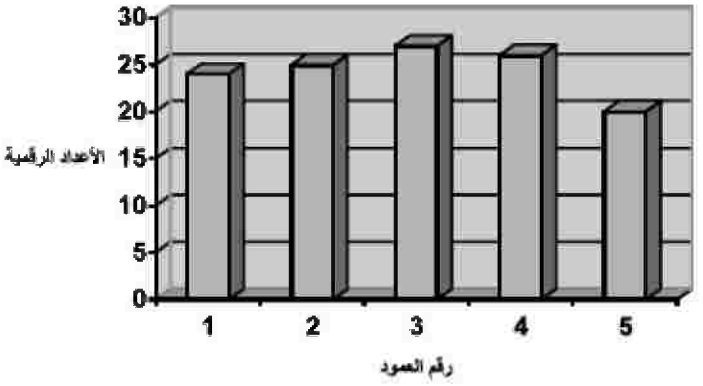
الشكل رقم (٦,٦). مرشح شمال - غرب (NW).

ويمكن رسم قطاع عرضي أو طولي (أفقي أو رأسي) عبر الصورة الرقمية ويتم توقيع الأعداد الرقمية مقابل مواقع عناصر الصورة بعرض الصورة أو طولها لينتج من ذلك منحنى يتغير رأسياً حسب تغير الأعداد الرقمية. هذا القطاع يبين ما إذا كان هنالك انتقالٍ عالٍ أو بطيء، حتى تتم معالجته. وسنوضح ذلك بالمثال التالي:

يمثل الشكل رقم (٦,٧) جزءاً من صورة رقمية يتكون من 5 أعمدة و3 صفوف، تم عمل قطاع عرضي للصف الثاني ورسم له مدرج تكراري ليوضح تغير الأعداد الرقمية في هذا الصف (الشكل رقم ٦,٨).

24	29	30	28	26
24	**25**	**27**	**26**	**20**
22	24	26	26	24

الشكل رقم (٦,٧). صورة رقمية 5x3.



الشكل رقم (٦,٨). المدرج التكراري للصف الثاني للصورة في الشكل السابق.

ثم من بعد ذلك تم استخدام مرشح انتقالٍ عالٍ يمثله صف المصفوفة في الشكل رقم (٦,٩).

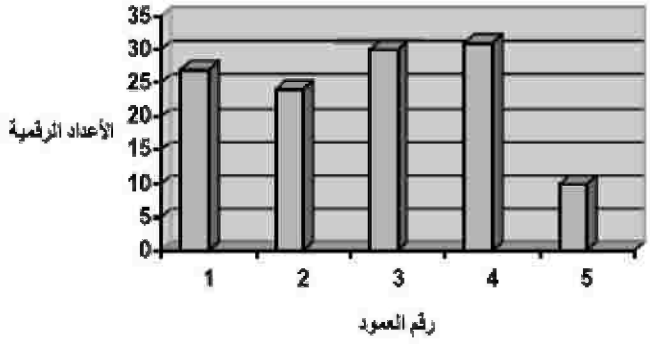
-1	3	-1

الشكل رقم (٦,٩). صف لمرشح انتقال عالي HPF.

وبتطبيق هذا المرشح على الصف الثاني من جزء الصورة في الشكل رقم (٦,٧) نحصل على الصف الموضح في الشكل رقم (٦,١٠) والمدرج التكراري في الشكل رقم (٦,١١).

27	24	30	31	10

الشكل رقم (٦,١٠). الصف الثاني من الصورة بعد إجراء ترشيح الانتقال العالي.



الشكل رقم (٦,١١). المدرج التكراري للصف الثاني بعد إجراء ترشيح الانتقال العالي.

ويظهر من مقارنة المدرجين التكراريين في الشكلين رقمي (٦,٨ و٦,١١) تأثير الترشيح عالي الانتقال في زيادة الفرق بين الأعداد الرقمية لعناصر الصورة المتجاورة.

(٦,٤) مرشحات الانتقال المنخفض Low Pass Filters (LPF)

وفي المقابل يمكن استخدام مرشحات الانتقال المنخفض LPF في أجزاء أخرى من الصورة يكون فيها التغير في الأعداد الرقمية لعناصر الصورة المتجاورة كبيرًا، ويمكن تخفيضه بمثل هذه المرشحات. ولذلك فإن هذه المرشحات تساعد أيضا في إزالة التشويش الذي ينتج من وجود عدد رقمي كبير جدًا بالمقارنة بالأعداد الرقمية المجاورة له. ومن هذه المرشحات مرشح الوزن المتساوي الذي قدمناه في الشكل رقم (٦,١) والذي يكون كل عنصر فيه عبارة عن الرقم 1.

ويمكن توضيح تطبيق مثل هذا المرشح على صف من الصورة الأصلية كما في الشكل رقم (٦,١٢):

22	24	70	25	20

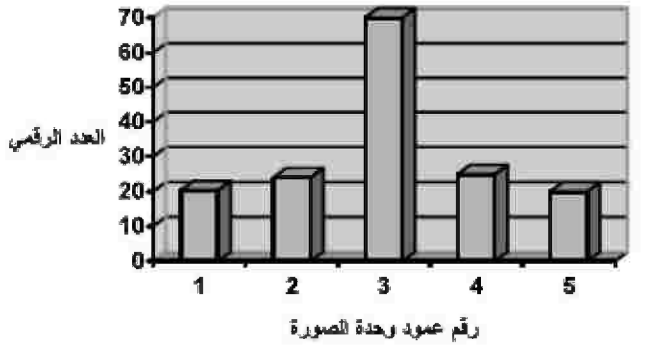
الشكل رقم (٦,١٢). الأعداد الرقمية لصف من خمس وحدات صورة.

وبتطبيق صف المرشح الذي عناصره كلها 1، نحصل على الصف في الشكل رقم (٦,١٣):

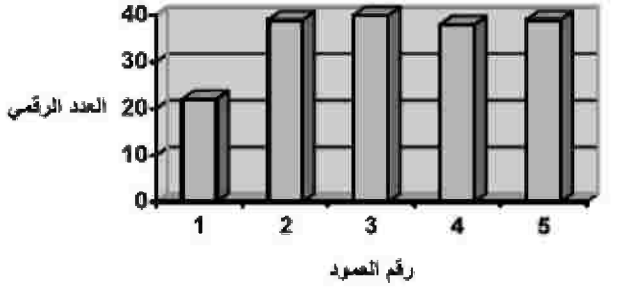
22	39	40	38	39

الشكل رقم (٦,١٣). الأعداد الرقمية لصف وحدات الصورة بعد إجراء ترشيح الانتقال المنخفض.

ويظهر تأثير هذا الترشيح بمقارنة الفرق في الأعداد الرقمية بين كل عنصرين متجاورين في حالة ما قبل الترشيح وما بعده وبالمقارنة أيضاً بين المدرج التكراري لصف عناصر الصورة قبل الترشيح في الشكل رقم (٦,١٤) وبعد الترشيح في الشكل رقم (٦,١٥)، تجد أن الفوارق بين الأعداد الرقمية قد قلت كثيرًا بعد الترشيح.



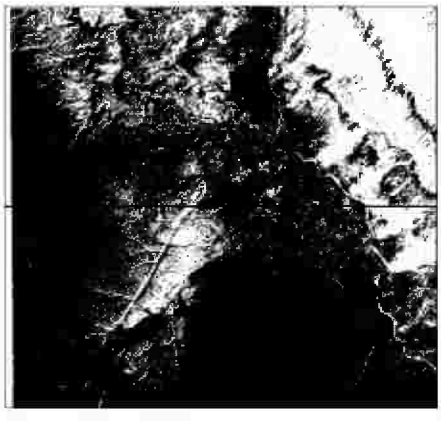
الشكل رقم (٦,١٤). المدرج التكراري قبل الترشيح.



الشكل رقم (٦,١٥). المدرج التكراري بعد ترشيح الانتقال المنخفض.

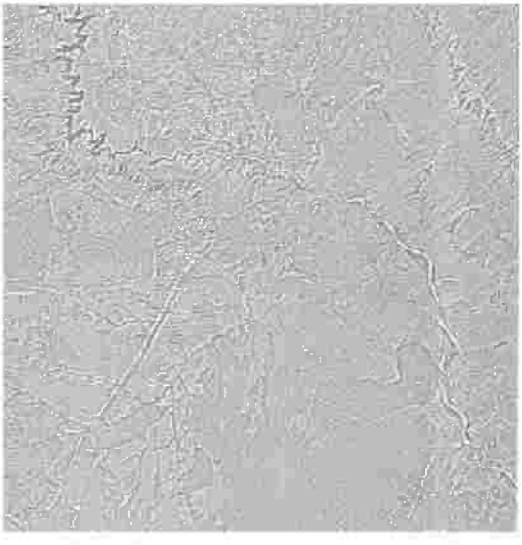
ويؤدي استخدام مثل هذا المرشح إلى إزالة التفاصيل الصغيرة من الصورة وإلى تغطية الحواف والحدود فلا تظهر في الصورة (انظر الشكل رقم ٦,١٦ – إذ تظهر الصورة السابقة بعد إجراء الترشيح المنخفض، وكذلك الأشكال أرقام ٦,١٧ إلى ٦,١٩ التي يوضح الشكل الأول منها صورة من الماسح متعدد الطيف MSS لقمر لاندسات 5 قبل إجراء الترشيح [12] ثم بعد إجراء الترشيح المنخفض والعالي في الصورتين التاليتين).

الشكل رقم (٦,١٦). الصورة بعد إجراء مرشح الانتقال المنخفض [12].



الشكل رقم (٦,١٧). صورة من الماسح متعدد الأطياف قبل إجراء عملية الترشيح [12].

الشكل رقم (٦,١٨). الصورة الناتجة بعد إجراء الترشيح الانتقالي المنخفض LPF [12].



الشكل رقم (٦,١٩). الصورة الناتجة بعد إجراء الترشيح الانتقالي العالي HPF [12].

وإذا كان المطلوب هو إزالة التشويش فقط وليس عمل غشاء على الصورة فيمكن استخدام مرشح العدد الأوسط (median filter)، حيث يتم استبدال العدد الرقمي الوسطي لعناصر الصورة المجاورة بالعدد الرقمي لعنصر الصورة. العدد الوسطي هو العدد الذي يكون عدد الأعداد الرقمية الأكبر منه مساوياً لعدد الأعداد الرقمية الأصغر منه. وعلى سبيل المثال إذا استخدمنا مصفوفة 3x3 وهي مكونة من تسعة أعداد رقمية فبعد ترتيبها تنازلياً أو تصاعدياً فإن العدد الرقمي الخامس تصاعدياً أو تنازلياً يكون هو العدد الرقمي الأوسط ويحل محل العدد الرقمي المعالج. إن الهدف الأساسي لاستخدام مرشح العدد الأوسط هو جعل عنصر الصورة ذي الإشعاع العالي نسبياً يكون مشابهاً في إشعاعه لعناصر الصورة المجاورة.

إذا كان عندنا مصفوفة صورة مكونة من تسعة عناصر 3x3 وعناصرها هي:

10,20,20,20,15,20,20,25,100 فإننا نقوم بترتيبها تصاعدياً على النحو التالي:

100, 25, 20, 20, 20, 20, 20, 15, 10 والعدد الخامس في الترتيب التصاعدي هو العدد 20 ويكون هو العدد الأوسط الذي يحل محل العدد المطلوب معالجته.

إن العملية الأخرى التي يتم فيها استخدام بيانات صورة رقمية ذات حزمة طيفية لتحسين بيانات صورة رقمية من حزمة طيفية مختلفة تسمى عملية التحويل وسيتم شرحها في الفصل التالي.

(٦,٥) تمـــارين

(٦,٥,١) عرف مرشح الصورة الرقمية.

(٦,٥,٢) اشرح الفرق بين التردد العالي والتردد المنخفض لبيانات الصورة الرقمية.

(٦,٥,٣) الشكل (أ) يبين بيانات أحد الصفوف لصورة رقمية. ارسم قطاعاً يوضح تغيرات الأعداد الرقمية في هذا الصف. أجر عملية الترشيح على هذا الصف مستخدماً المرشح في الشكل (ب)، ثم ارسم القطاع الذي يوضح بيانات صف الصورة بعد الترشيح. ماذا تلاحظ؟

64	66	60	65	60

(أ)

-1	3	-1

(ب)

(٦,٥,٤) البيانات التالية هي الأعداد الرقمية لصف من صورة رقمية:

28	24	30	90	20

استخدم مرشح الوزن المتساوي لإزالة التشويش في الصف مبيناً الأعداد الرقمية للصف بعد إجراء الترشيح.

(٦,٥,٥) أوجد بيانات الصورة الرقمية المنتجة بعد إجراء الترشيح على الصورة الرقمية المدخلة في الشكل (أ) مستخدماً المرشح في الشكل (ب). وضح الفرق بين بيانات الصورة قبل الترشيح وبعده؟

1	1	1	9	9
1	1	9	9	1
1	9	9	1	1
1	9	1	1	1
9	1	9	9	1

(أ)

0	1/4	0
1/4	-1	1/4
0	1/4	0

(ب)

(٦,٥,٦) لدينا مصفوفة بيانات لصورة رقمية مكونة من تسعة عناصر 3x3 هي:

15, 20, 30,18, 12, 20, 24, 30, 80

المطلوب إزالة التشويش في بيانات الصورة باستخدام مرشح العدد الأوسط.