

مقارنة طرائق تحديد الحافات في الصور الرمادية

أفضال علي حسن

صبحي حمادي حمدون

كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

تاريخ قبول البحث: ٢٠٠٢/١١/٥

تاريخ استلام البحث: ٢٠٠٢/١٠/٥

ABSTRACT

The methods of edge detection play an important role in many image processing applications as edge detection is regarded as an important stage in image processing and the extraction of certain information from it.

Therefore, this subject was the focus of many studies performed by many authors. Many new techniques of edge detection which search into the discontinuity in color intensity of the image leading to the features of the image components were suggested.

Despite of the presence of many methods of edge detection which proved their efficiency in certain fields and gave good results on application, the performance of one method differs from one application to another, thus there was a need to carry out an evaluation of performance for each method to show its efficiency. The aim of this research is to evaluate the performance of edge detection by choosing five methods known as (Canny, Laplacian of Gaussian, Prewitt, Sobel, Roberts) and the application of each method on images with grayscale to find out the performance of each of them and writing down computer programs for each. Also, a subjective evaluation to compare the performance of these five methods using Partt Figure of Merit, calculating the increase percent in the detected edges, decrease percent in the edge points and the correct position of the edge in each method.

الملخص

تؤدي طرائق كشف الحافات دوراً مهماً في العديد من تطبيقات المعالجة الصورية، إذ يعد اكتشاف الحواف مرحلة مهمة في عملية تحليل الصور واستخلاص معلومات معينة منها. وقد تم اقتراح العديد من تقنيات كشف الحواف التي تبحث عن عدم الاستمرارية في الشدة اللونية لمكونات الصورة، وتعمل على إبراز مكوناتها. وعلى الرغم من وجود العديد من طرائق كشف

الحواف التي أثبتت كفاءتها في مجالات معينة وأعطت نتائج جيدة عند تطبيقها، فإن الأداء لطريقة معينة يختلف من تطبيق إلى آخر، لذلك ظهرت الحاجة إلى إجراء تقييم لأداء كل طريقة لقياس مدى كفاءتها.

يتمثل هدف البحث بتقييم أداء طرائق محددات الحواف وذلك باختيار خمس طرائق معروفة (Canny, Laplacian of Gaussian, Prewitt, Sobel, Roberts) وتطبيق كل طريقة على صور تدرجات رمادية للتعرف على أداء كل طريقة وكتابة البرامج الحاسوبية الخاصة بكل طريقة وتم إجراء تقييم موضوعي لمقارنة أداء الطرائق الخمسة باستخدام مقياس برات (Pratt Figure of Merit)، وحساب نسبة الزيادة في الحافات المكتشفة ونسبة النقص في نقاط الحافات والموقع الصحيح للحافة في كل طريقة.

1- المقدمة

يعتبر تحديد الحافات والخطوط من المواضيع المهمة في معالجة الصورة لما له من أهمية كبيرة في مختلف التطبيقات، فبذلت العديد من الجهود لتحقيق القدرة على تحديد المواقع بدقة عالية خاصة في الصور الجوية التي يتم التقاطها من الأقمار الصناعية، التي قد تكون لمواقع لا يمكن تمييزها بسهولة إلا بعد تحليل الصورة وتمثيلها على شكل خطوط فيصبح حينها من السهل تمييز مكونات الصورة وفهمها (2)، وتعتمد دقة التحديد على كفاءة الخوارزمية المستخدمة لذلك تم إجراء الدراسات والأبحاث لاكتشاف طرائق جديدة في مجال تحديد الحافات وتطوير الطرائق الموجودة للوصول إلى طريقة تكون ملائمة لمختلف التطبيقات وتعطي نتائج جيدة عند استخدامها. ويأتي سبب الاهتمام بمحددات الحافة كون تمثيل مكونات الصورة عن طريق الحواف يعتبر أكثر فهما للصورة، لأن قدرة الإنسان على تمييز المكونات عن طريق تمثيلها بخطوط أفضل (14).

2- استعراض مرجعي

يعتبر موضوع تحديد الحافات من المواضيع التي لاقت اهتماما كبيرا من الباحثين. إذ تم تقديم العديد من الخوارزميات في هذا المجال وتعتمد معظمها على استخدام نوافذ بأحجام مختلفة يتم تدويرها على الصورة. وقد قَدِّمَت أولى الطرائق في عام 1965 **Roberts** (Rosenfeld, 1976) اعتمد فيها على استخدام عملية التمييز بين النقطة والنقاط المجاورة لها. ثم حدث تطور في مفاهيم محددات الحافة في عام 1970 بظهور طريقتي Prewitt, Sobel (9) إذ اعتمدت هذه الطرائق على إظهار حواف النقاط التي يكون التباين أو الانحدار في قيم

تدرجاتها الرمادية عاليا. وفي عام 1980 ظهرت طريقة (9) Marr & Hildreth وبينت هذه الطريقة الحاجة إلى إجراء عملية التنعيم قبل تطبيق عملية التمييز. ثم نشرت الدراسة التي قام بها Canny في 1983 وكان قد استخدم فيها مرشحات التنعيم واهتم بمعالجة الحافات الضعيفة وتعد هذه الطريقة من الطرائق الجيدة في تمييز الحواف (1).

ثم توالى ظهور العديد من البحوث التي أكدت على دراسة طرائق التحديد وإجراء المقارنات بين طرائق التحديد مثل البحث الذي قدمه (Vliet, Young & Beckers) في عام 1988 وقدم فيه تقييما لمرشح (Laplace) باستخدام مقياس برات (16). ثم البحث الذي قدمه Ziou & Tabbone عام 1998 (17)، فضلا عن البحث الذي قدمه كل من (Heath, Sarkar, Sanocki & Bowyer) إذ بينوا فيه الحاجة إلى إجراء تقييم موضوعي لأداء طرائق التحديد وقاموا باختيار أربع طرائق تحديد طبقت على ثماني صور، كما قاموا بإجراء دراسة إحصائية على أداء كل طريقة (6). وتعد كتب كل من (5)، (11)، (8)، (15) و (3). مصادر مهمة في موضوع تحديد الحافات.

3- الحافة في الصور الرمادية

إن عملية تحديد الحافة تقوم على فكرة أن معلومات الحافة تتكون بالاعتماد على علاقة قيم النقطة بقيم النقاط المجاورة لها فإذا كانت قيمة التدرج الرمادي لنقطة مشابهة لقيم المتجاورات عندها لا تكون هناك حافة، أما إذا كان الاختلاف كبيرا فعندها تتمثل حافة (15) أي أن الحافة هي انقطاع في قيم التدرجات الرمادية (14).

كما يمكن تعريفها بأنها تغيير مفاجئ في قيمة النقطة بالنسبة إلى ما يجاورها. وكذلك تظهر الحافة عند حدوث تغيير في اللون أو النسيج (Texture)، (15).

والتغيير المفاجئ في قيم المستويات الرمادية يمكن أن يمثل بصيغ مختلفة في الشكل (1-أ) تكون قيمة التغيير منتظمة أي أن الحافة تفصل بين منطقتين يكون التدرج الرمادي لهما منتظما. والشكل (1-ب)

يبين شكل القيم عندما يوجد تشويش في القيم (17).



الشكل (1) : شكل التغير في قيم التدرج.

4- العمليات التي تطبق على الصورة لتحديد الحافات

لتحديد الحافات لأية صورة لابد من إجراء العديد من العمليات وهي:

أ - التنعيم Smoothing

يستخدم التنعيم لغرضين أساسيين: الأول لأجل إعطاء تأثير خاص لمكونات الصورة والثاني لأجل التخلص من التشويش الموجود في الصورة، هذا من الناحية الإيجابية (15) أما من الناحية السلبية فإنه قد يحدث أثناء المعالجة فقدان لبعض معلومات الصورة وهنا تحدث مقايضة بين فقدان المعلومات أو التخلص من التشويش (17). وينجز التنعيم على المعلومات المكانية للصورة بتحديد نقطة معينة وعدد من المجاورات لهذه النقطة ثم يتم تطبيق إحدى طرائق التنعيم. تعتمد معظم طرائق معالجة التشويش على استخدام مرشحات رقمية للتخلص من التأثير السلبي للتشويش. واختيار طرائق المعالجة يعتمد على نوعية التشويش المضافة إلى الصورة (8)

ب - التمييز Differentiation

وهو من أبسط التقنيات المستخدمة لكشف الحواف وإيجاد مقدار التغير في قيمة الشدة اللونية لبيانات الصورة واتجاه التغير أيضا (12). إذ يتم حساب قيمة التغير بين نقطة في الموقع (i,j) وبين النقاط المجاورة لها بالاتجاهين (الأفقي والعمودي) وكما هو موضح بالمعادلات (1) و (2) على التوالي (Pratt, 1978):

$$\nabla_x G(i,j) = G(i,j) - G(i-1, j) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\nabla_y G(i,j) = G(i,j) - G(i, j-1) \quad \dots \dots \dots (2)$$

وقد تكون القيمة الناتجة موجبة أو سالبة بالاعتماد على اتجاه التغير (بالاتجاه السالب أو الاتجاه الموجب) ويمكن جعل ناتج العملية موجبا دائماً باستخدام القيمة المطلقة (12). ولحساب قيمة التغير بكلا الاتجاهين، وإيجاد اتجاه التغير يمكن حسابهما وكما موضح في المعادلتين (3) و (4) وعلى الترتيب (12).

$$G(i, j) = \sqrt{\nabla_x^2 + \nabla_y^2} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\nabla_y}{\nabla_x} \quad \dots \dots \dots (4)$$

ج - عملية العتبة Thresholding :

بعد تطبيق عملية التمييز وإظهار التباير في القيم وتأشير النقاط التي يمكن أن تكون جزءاً من حافة بعدها يتم ربط هذه النقاط لتكوين الحدود التي تميز المكونات وتفصلها عن خلفية الصورة. وهذا يتم بعد تحديد قيمة معينة تسمى قيمة العتبة (Threshold Value). وبصورة عامة يمكن تعريف عملية العتبة بأنها عملية تصنيف عناصر الصورة إلى منطقتين تمثلان الكيان والخلفية، ويكون التمثيل الرياضي كالآتي (4):

$$F(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } G(i, j) \geq \text{threshold} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (5)$$

معظمها أنها تكون مفيدة في التطبيق لصورة معينة، ويكون من الصعب تمثيلها لعدد من الصور المختلفة وكذلك فإن بعض القيم تختار اختياريًا حسبها بالاعتماد على قيم نقاط الصورة وعلى المكونات المطلوب إظهارها في الصورة (Hui, 1997). ولا تزال العديد من الجهود تبذل من أجل الوصول إلى طريقة توفر كل المتطلبات وكل الشروط المطلوبة (13).

ومن أبسط الطرائق المستخدمة لتحديد قيمة العتبة والتي تم تطبيقها في هذا البحث حساب متوسط قيم بيانات الصورة كالآتي: (3)

$$T = \frac{1}{H * W} \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W f(i, j) \quad \dots\dots\dots (6)$$

H: ارتفاع الصورة. W: عرض الصورة.

5- الطرائق الخمسة لتحديد الحافات

تعد محددات الحافة مرحلة وسطية في نظام المعالجة الصورية لذلك يجب أن تمثل هذه الطرائق بأفضل التقنيات للحصول على نتائج جيدة، وبعمليات حسابية قليلة التعقيد وزمن تنفيذ أقل، لأن الأداء غير الجيد في هذه المرحلة يؤدي إلى نظام معالجة غير كفوء.

الطريقة الأولى: محدد الحافة Roberts:

تعد هذه الطريقة من الطرائق اللاخطية لتحديد الحافات (15) ومن صفات هذه الطريقة السرعة في انجاز العمليات الحسابية، ويكون المرشح على شكل مصفوفة ذات بعدين بحجم (2*2)، (3).
خوارزمية الطريقة:

1. قراءة صورة ذات تدرجات رمادية و تخزينها على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد.
2. إيجاد مقدار التغير في قيم التدرجات الرمادية للصورة بالاتجاهين الأفقي والعمودي إذ يتم تدوير المرشحات الخاصة بالطريقة وكما هو موضح بالشكل (2) على مصفوفة الصورة بعملية اللف الرياضي.

+1	0
0	-1

Gx

0	+1
-1	0

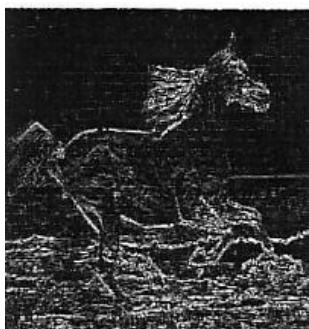
Gy

الشكل (2): مرشحات Roberts بالاتجاهين الأفقي والعمودي

يتم حساب قيمة الحافة عند النقطة $a(i,j)$ بالاعتماد على المعادلة (7) أدناه:

$$M(i,j) = |a(i,j) - a(i+1,j+1)| + |a(i,j+1) - a(i+1,j)| \quad \dots\dots\dots (7)$$

عند تطبيق طريقة Roberts على الصورة المبينة في الشكل (3-أ) يلاحظ أن النقاط التي حددت كحافات هي التي لها تغير واضح في شدة اللون وكما يوضحه الشكل (3-ب)، (14).



(ب) الصورة بعد المعالجة

(أ) الصورة الأصلية

الشكل (3): يوضح معالجة صورة بطريقة Roberts

الطريقة الثانية: محدد الحافات Sobel:

تعد طريقة Sobel من الطرائق اللاخطية التي تعطي تحسینا فعالا للحافات (8) ويكون المرشح على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد بحجم (3*3) (15). وفي هذه الطريقة توجد الحافات في المناطق التي يكون التردد في قيم النقاط عالياً (3).

خوارزمية الطريقة

1. قراءة صورة ذات تدرجات رمادية و تخزينها على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد.
2. إيجاد مقدار التغيرات في قيم التدرجات الرمادية للصورة بالاتجاهين الأفقي والعمودي اذ يتم

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

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

تدوير المرشحات الخاصة بالطريقة وكما يوضحها بالشكل (4) على مصفوفة الصورة بعملية اللافوف الرياضي.

Gx

Gy

الشكل (4): مرشحات Sobel بالاتجاهين الأفقي والعمودي

لو فرضنا أن a هي مصفوفة الصورة والنقاط $a_8 - a_1$ هي نقاط مجاورة للنقطة $a(i,j)$ كما موضح بالشكل (5).

a_1	a_2	a_3	$..a_{1,M}$
a_4	$a_{(i,j)}$	a_5	$..a_{r,M}$
a_6	a_7	a_8	$..a_{r,M}$
.	.	.	.
.	.	.	.
$a_{N,1}$	$a_{N,2}$	$a_{N,3}$	$..a_{N,M}$

الشكل (5): مصفوفة الصورة الأصلية

Gx تمثل قيمة الحافة بالاتجاه الأفقي و Gy تمثل قيمة الحافة بالاتجاه العمودي ويتم حساب قيمة كل منهما وكما يأتي:

$$Gx = (a_1 + 2a_2 + a_3) - (a_6 + 2a_7 + a_8) \quad \dots\dots\dots (8)$$

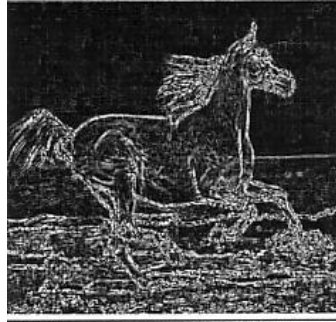
$$G_y = (a_1 + 2a_4 + a_6) - (a_3 + 2a_5 + a_8) \dots\dots\dots (9)$$

المعادلتان (10) و (11) توضحان طريقة إيجاد قيمة التباير عند كل نقطة وإيجاد زاوية التباير على التوالي.

$$M(i,j) = |G_x| + |G_y| \dots\dots\dots (10)$$

$$\theta := \tan^{-1} \cdot \frac{G_y}{G_x} \dots\dots\dots (11)$$

الشكل (6) يوضح نتائج تطبيق طريقة Sobel على الصورة في الشكل (3-أ) وعند مقارنتها مع طريقة Roberts يلاحظ الوضوح في تحديد الحافات ذات المناطق التي يكون الاختلاف في شدة اللون فيها قليلا أفضل من طريقة Roberts



الشكل (6): يوضح معالجة صورة بطريقة Sobel

الطريقة الثالثة: محدد الحافة Prewitt

تعد طريقة Prewitt من الطرائق اللاخطية وهي مماثلة لطريقة Sobel ويمكن الاختلاف بينهما في معاملات المرشح (15).

خوارزمية الطريقة

1. قراءة صورة ذات تدرجات رمادية و تخزينها على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد.
2. إيجاد مقدار التباير في قيم التدرجات الرمادية للصورة بالاتجاهين الأفقي والعمودي اذ يتم تدوير المرشحات الخاصة بالطريقة وكما يوضحه بالشكل (٧) على مصفوفة الصورة بعملية اللافوف الرياضي.

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

Gx

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

Gy

الشكل (4): مرشحات Prewitt بالاتجاهين الأفقي والعمودي

الشكل (8) يوضح نتائج تطبيق طريقة Prewitt على الصورة في الشكل (3-أ) وعند مقارنتها مع نتيجة معالجة الصورة نفسها بطريقة Sobel يلاحظ الوضوح في تقارب نتائج الطريقتين. (3)، (14).



الشكل (8): يوضح معالجة صورة بطريقة Prewitt

الطريقة الرابعة: محدد الحافة (Log) Laplacian of Gaussian

تعتبر مرشحات Laplace الشكل (9) من المرشحات الخطية (8) التي تعطي تحديدا جيدا للحافات في كل الاتجاهات بصورة متماثلة (15). ومن النقاط التي تؤخذ على هذه المرشحات هي حساسيتها الشديدة للتشويش، لذلك قدم الباحثان (Marr & Hildreth) في عام 1980 طريقة سميت Laplacian of Gaussian التي اقترحا فيها معالجة الصورة من التشويش باستخدام مرشح التنعيم Gaussian لإزالة تأثير التشويش، ثم بعدها تطبق مرشحات Laplace (16).

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

-1	2	-1
2	-4	2
-1	2	-1

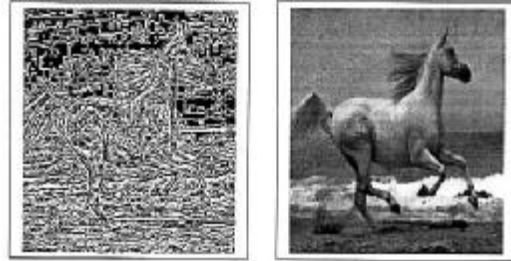
الشكل (9): يبين ثلاثة نماذج لمرشحات Laplace

خوارزمية الطريقة

1. قراءة صورة ذات تدرجات رمادية و تخزينها على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد.
2. تحديد قيمة معامل التباين القياسي (s) وحجم مرشح Gaussian وحساب معاملات المرشح من خلال تطبيق معادلة Gaussian.
3. إمرار المرشح على بيانات الصور بعملية اللافوف الرياضي للتخلص من تأثير التشويش.
4. حساب قيم التباين للمصفوفة الناتجة بتدوير احد مرشحات Laplace على الصورة بعملية اللف الرياضي. الشكل (10).
5. حساب قيمة العتبة.
6. تطبيق طريقة zero crossing لإيجاد التغيير عبر الصفر في قيم نقاط الحافات (16) و (1).

الطريقة الخامسة: محدد الحافة Canny:

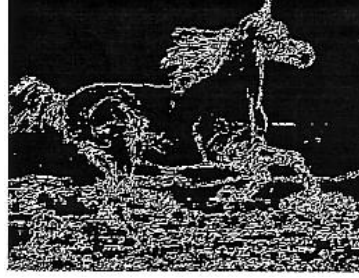
- تعتبر طريقة Canny من الطرائق القياسية المستخدمة في العديد من تطبيقات المعالجة الصورية (14). استخدم Canny العديد من التقنيات المتوافرة لتطوير هذه الطريقة وجعلها من أهم الطرائق الحديثة والشائعة الاستخدام في مجال تحديد الحافات (1).
- وتمتاز هذه الطريقة بتحديد الحافات الصحيحة ذات الترددات العالية والواضحة مما يظهر أدق تفاصيل الصورة وليس فقط إبراز حدود الكائن. ويلاحظ أن طريقة Canny تقوم على بعض الأساسيات (14):
1. في هذه الطريقة يكون الاهتمام بعدم فقد الحافة المهمة مع ملاحظة عدم تكوين حافات زائفة بسبب التشويش.
 2. يمكن حساب زاوية اتجاه الحافة، لأنه يستخدم عملية التمييز لحساب مقدار التباين في حين تستخدم مرشحات Laplace في طريقة (Log) التي تحسن الحافات في كل الاتجاهات دوم أن تعطي معلومات عن اتجاه الحافة.



الشكل(10): يوضح المعالجة بمرشح Gaussian ومرشح Laplace.

خوارزمية الطريقة:

1. قراءة صورة ذات تدرجات رمادية و تخزينها على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد.
2. تحديد قيمة معامل التباين القياسي (s) وحجم مرشح Gaussian وحساب معاملات المرشح من خلال تطبيق المعادلة (14).
3. إمرار المرشح على بيانات الصور بعملية اللافوف الرياضي للتخلص من تأثير التشويش.
4. إيجاد مقدار التغيرات لبيانات الصورة الناتجة من الخطوة (3) بالاتجاهين العمودي والأفقي وربط القيم الناتجة بإيجاد الجذر التربيعي لمربع ناتج جمع القيم بكلا الاتجاهين.
5. تطبيق Non- maximal suppression process, وفي هذه الخطوة يتم فحص قيمة كل نقطة فإذا لم تكن قيمة النقطة اكبر من قيم نقطتين مجاورتين لها وفي اتجاه تغير قيم الحافة عندها تصبح قيمتها صفرا.
6. تطبيق عملية العتبة باستخدام خوارزمية Hysteresis الشكل (11). (14), (3), و (1).



الشكل (11): يوضح نتيجة تطبيق طريقة Canny

تقييم أداء طرائق محددات الحافة:

يلاحظ في معظم العلوم ان الباحثين يقومون بتقييم الأداء لتقنية معينة عن طرائق إجراء سلسلة من التجارب العلمية المنتظمة ويتم تحديد كفاءة الأداء بطرائق موضوعية واضحة, وفي حالة محددات الحافة فان التقييم الفعلي للأداء يكون بالاعتماد على نظام الرؤية للإنسان (أي النظر إلى النتائج) (15). وبما انه لا يوجد حاسوب كفوء لنظام الرؤية يؤدي هذا الغرض, لذلك فقد يكون من المناسب في بعض الأحيان أن تمثل النتائج المرئية لكل المحددات جنباً إلى جنب مع

بعضها وبترك التقييم للتقدير الشخصي للمستخدم (6). والتقدير هنا يعتمد على خبرة الشخص ونظام الرؤية لديه. والتقييم هنا قد يكون غامضاً ولا يمكن استخدامه لقياس أداء المحدد وإنما يستخدم فقط لإثبات فشل أو نجاح المحدد في التحديد الصحيح للمكونات (17). إن التقييم الموضوعي لقياس الأداء لكل طريقة يكون باستخدام مقياس يسمى (Pratt Figure of Merit). المعادلة (12). في هذا المقياس يتم حساب نسبة الخطأ التي تحدث في تحديد الحافات الصحيحة ونسبة الخطأ التي تحدث في تحديد حافات غير صحيحة وكذلك نسبة الخطأ في إظهار حافات في مواقع غير صحيحة. (11), (15).

$$R := \frac{1}{I_N} \cdot \sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{1 + \alpha \cdot d^2} \quad \dots\dots\dots(12)$$

حيث أن:

I_1 = عدد نقاط الحافة المثالية في الصورة

I_A = عدد النقاط الحقيقية التي تحسب بواسطة محدد الحافة

I_N = أكبر قيمة بين I_A , I_1

a = مقياس ثابت يتم اختياره لموازنة موقع النقطة

d = المسافة بين نقاط الحافة الحقيقية ونقاط الحافة المثالية.

إن الفائدة من المعامل الثابت (a) هي تسوية نقاط الحافة التي تظهر في مواقع ملتوية عن موقعها الصحيح، ويمكن اعتبار طريقة التحديد هذه كفوءة إذا كانت القيمة الناتجة من تطبيق المقياس تقترب من الواحد (11).

تطبيق مقياس برات (Pratt)

تم تطبيق مقياس برات على كل طريقة من طرائق التحديد الخمسة للحصول على تقييم موضوعي لأداء كل طريقة، وتم ضبط قيم معاملات كل طريقة للحصول على أفضل أداء ممكن للطريقة، وقد استخدمت الصورة نفسها مع الطرائق الخمسة وكانت بحجم (404*271) وبتدرجات رمادية (0-255) وتمثلت الطريقة العملية بتعيين المواقع الحقيقية للحافات عن طريق استخدام طرائق التحديد ثم تحديد الحافات المثالية (معالجة الصورة ببرامج الرسام (Photoshop) لإبراز الحدود) ثم تطبيق معادلة المقياس.

وتتمثل خطوات البرنامج بما يأتي:

الخطوة الأولى : تحديد مواقع النقاط التي تمثل حافات في صورتين (المثالية، الحقيقية).

الخطوة الثانية : تمت مطابقة نقاط الحافات في الصورة الحقيقية مع نقاط الحافات في الصورة المثالية، ويتم هذا بفحص مواقع النقطتين ، إذا حصل تطابق عندها يمكن اعتبارها نقطة حافة مثالية، ويقصد بالتطابق أن المسافة بين النقطتين تساوي صفراً.

الخطوة الثالثة : إذا لم تكن المسافة بين النقطتين في الخطوة الثانية صفراً فعندها يتم إيجاد اقرب نقطة حافة مثالية إلى النقطة المحددة وذلك بحساب المسافة التي تفصل بين النقطة والنقاط المجاورة لها وكما يأتي:

* بعد تعيين موقع النقطة وتحديد رقم الصف الذي تقع فيه النقطة يتم تعيين الصف المقابل لها في الصورة المثالية وكذلك الصف الذي يسبقه والصف الذي يليه وتخزن مواقع النقاط التي تمثل الحافات في ثلاث مصفوفات.

* يتم إدخال مصفوفة كل صف إلى دالة خاصة لحساب المسافة بين النقطة والنقاط المثالية التي تم تحديدها في كل صف. وتخزن النتائج في ثلاث مصفوفات أيضاً.

* يتم تحديد قيمة أقل مسافة في كل مصفوفة من المصفوفات الثلاث وبعدها يحدد أقل قيمة من القيم الثلاث الناتجة، التي تمثل اقرب مسافة إلى النقطة.

الخطوة الرابعة : يتم تنفيذ الخطوات الثلاث بعدد نقاط الحافات المحددة في الصورة الحقيقية، ثم تتم موازنة المسافات وذلك بضرب كل نقطة بقيمة $(a = 1/9)$ ، (11).

الخطوة الخامسة : يتم حساب مجموع النقاط التي تمثل حافات في الصورة الحقيقية والصورة المثالية وإيجاد أكبر مجموع لعدد نقاط الحافات في كل صورة.

الخطوة السادسة : بعد الحصول على قيم كل المتغيرات، يتم تطبيق معادلة المقياس وإيجاد قيمة المعادلة. الجدول (1) يبين نتائج تطبيق معادلة المقياس على كل طريقة.

اسم الطريقة	$R := \frac{1}{I_N} \cdot \sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{1 + \alpha \cdot d^2}$
Roberts	0.4618
Sobel	0.6463
Prewitt	0.6445
Log	0.7524
Canny	0.7961

الجدول(1)

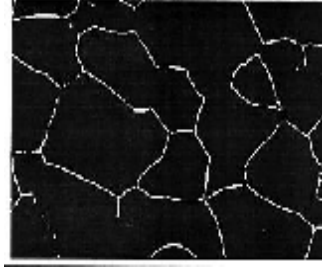
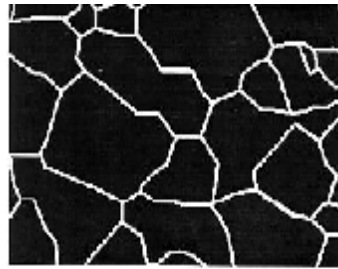
يبين نتائج تطبيق معادلة مقياس برات على الطرائق الخمسة لتحديد الحواف.

قياس الزيادة والنقص في الحافات:

يتم القياس على مرحلتين, تتضمن المرحلة الأولى إيجاد عدد النقاط الزائدة التي تظهر على شكل حافات, والثانية إيجاد عدد نقاط الحافات الناقصة التي هي نقاط حافات لكن لم يتم تحديدها, وفيما يأتي توضيح للخطوات:

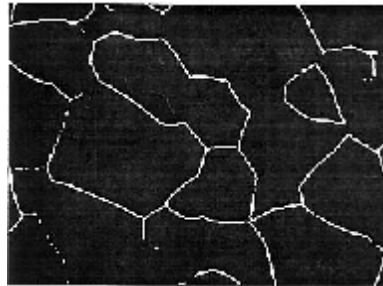
الخطوة الأولى: بعد أن تتم قراءة بيانات الصورة الحقيقية وبيانات الصورة المثالية و تخزينها على شكل مصفوفة ثنائية الأبعاد, تتم معالجة كل صورة لتحديد الحافات فيها. ويتم تحديد الحافات في الصورة الحقيقية بإحدى طرائق تحديد الحافات الخمسة, وتحديد الحافات في الصورة الثانية بعملية العتبة لإظهار الحافات المثالية فيها. كما يلاحظ في الشكلين (12) و (13) على التوالي.

الخطوة الثانية: في هذه الخطوة تتم مطابقة الصورتين بالعملية المنطقية (AND) للحصول على صورة تمثل نقاط الحافات فقط, دون وجود نقاط لحافات زائدة, ويتم ذلك بمطابقة نقاط الحافات في الصورة الحقيقية مع نقاط الحافات في الصورة المثالية, فنظهر نقاط الحافات الحقيقية فقط والتي تصنف على انها حافات مثالية. الشكل (14).



الشكل (12) الحدود التي حددت بطريقة Sobel الشكل (13) الحدود المثالية بعد تحديدها

بعملية Thresholding



الشكل (14) الصورة الناتجة بعد معالجة الصورتين بعملية (AND).

الخطوة الثالثة : في هذه الخطوة يتم ربط الصورة الناتجة من المعالجة في الخطوة الثانية مع الصورة الحقيقية بالعملية المنطقية (XOR), ويلاحظ أن ناتج هذه المعالجة يكون صورة تحوي النقط الزائدة, الشكل (15). ليتم بعدها حساب عدد النقاط الزائدة في المصفوفة الناتجة. والجدول (2) يبين نتائج تطبيق هذه الخطوة.

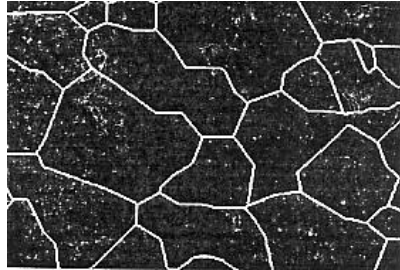


الشكل (15) الصورة الناتجة من المعالجة التي وضحت بالمعالجة المنطقية (XOR).

اسم الطريقة	عدد النقاط الزائدة
Roberts	111
Sobel	109
Prewitt	105
Log	273
Canny	401

الجدول (2) عدد النقاط الزائدة التي تظهر في كل طريقة.

الطريقة الرابعة : في هذه الخطوة تتم معالجة الصورة المثالية وتثخيف الحافات بإذ ان قيمة وحدة تمثيل خط الحافة تكون قيمتها واحدا وذلك للتخلص من الزيادات التي يمكن ان تكون قد نتجت من معالجة الصورة وتحويلها إلى صورة مثالية كما يوضحها الشكل (16).



الشكل (16) يوضح نتيجة عملية التثخيف.

الطريقة الخامسة : فيها يتم حساب نقاط الحافات في الصورة المثالية وفي الصورة الحقيقية بعد ان تطرح منها النقاط الزائدة، ثم يحسب الفرق بين القيمتين لمعرفة عدد النقاط الناقصة في الحافات الحقيقية. والجدول (3) يبين نتائج تنفيذ هذه الخطوة باستخدام الطرائق الخمسة لتحديد الحافات.

اسم الطريقة	عدد النقاط الناقصة
Roberts	1089
Sobel	962
Prewitt	966
Log	873
Canny	641

الجدول (3): عدد النقاط الناقصة في الحافات الحقيقية

المصادر

- [1] Canny, J. f. (1983) "Finding Edge and lines in Images", MIT Artificial Intelligence Laboratory, M.Sc. Thesis, **Massachusetts Institute of Technology**.
- [2] Ekstrom, M. P. (1984) **Digital Image Processing Techniques**, ACADEMIC PRESS, Inc.
- [3] Fisher, R.; S. W. A. Perkin, and E. Wolfart, (2000) **Image Processing Learning Resources**, HIPR2, Explore with JAVA.
- [4] Gomes, J. and L. Velho, (1997) **Image Processing for Computer Graphics**, Translated by Silvio Levy, Springer.
- [5] Gonzales, R. C. and W. Paul (1977) **Digital Image Processing** , Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- [6] Heath, M.; S. Sarkar, ; T. Sanocki, and K. Bowyer, (1999) "Comparison of edge detectors : A Methodology and Initial Study", **ftt://figment.csee.usf.edu/**.
- [7] Hui, W. (1997) "A Survey of Thresholding Techniques", <http://www.hui.com>.
- [8] Jensen, J. R. (1986) **Introductory Digital Image Processing**, A Remote Sensing Perspective , Prentice - Hall.
- [9] Lindeberg, T. (1996) "Edge Detection and Ridge Detection with Automatic Scale Selection", **http:// www. bion. kth. se/tony**.
- [10] McCane, B. (2001) " Edge Detection" , New Zealand :**Department of Computer Science, University of Otago**, [mccane @ cs. Otago . ac.nz](mailto:mccane@cs.otago.ac.nz).
- [11] Pratt, W. K. (1978) **Digital Image Processing**, A Wiley-Interscience Publication by John Wiley & Sons, Inc.
- [12] Rosenfeld, A. and A. C. Kak , (1976) **Digital Picture Processing**, ACADEMIC PRESS.

- [13] Rosin, P. L. (2000) "Unimodal Thresholding", Pual. Rosin @ bruncl. ac.uk.
- [14] Tang, S. (2000) "Survey of Edge Detection", tang-s@cs.unr.edu.
- [15] Umbaugh, S. E. (1998) **Computer Vision and Image Processing**, A practical Approach Using CVIP tools, Prentice Hall PTR.
- [16] Vliet, L. J.; T. Young, and G. L. Beckers, (1988) " An Edge Detection model Based on Non-Linear Laplace Filtering" , Patteren Recognition and Artificial Intelligence, **Edited By E. S. Gelsema and L. N. Kanal, Elsevier Science Publishers B. V. , 63-73.4**
- [17] Ziou, D. and S. Tabbone, (1998) "Edge detection Techniques-An Overview", <http://www.ziou.com>