بحوث مستقبلية (١٥) ٢٠٠٦
ص ص [٢٢٥-٢٤٢]

تطبيق خوارزميات كشف الحواف لاستخلاص هياكل الأشكال في الصور الرقمية

محمد جاجان يونس الزبيدي[١]

الملخص

تعد دراسة كشف الحواف في الصور الرقمية من المواضيع المهمة في المعالجات الصورية وتمييز الأنماط، وهي ذات خصائص أساسية مفيدة ومساعدة في حل المسائل الممثلة في الرؤية الحاسوبية(الإبصار الحاسوبي) لتمييز الأشكال البنيوية لتلك الصور. تم في هذا البحث بناء برنامج للكشف عن الحافات الموجودة في الصور الرقمية لأجل استخلاص هياكل الأشكال التي تحتويها الصور، إذ تم تطبيق الخوارزمية المقترحة على صور إدخال مختلفة، وقد تم استخلاص حواف تلك الصور من خلال تناول أربعة طرق لكشف الحواف: روبيرت، سوبل، بريويت وكاني. ومن خلال التطبيق العملي لوحظ كفاءة البرنامج المقترح في الحصول على حدود وحافات الأشكال في الصور المختبرة وبسمك نقطة صورية واحدة وذلك بالاعتماد وبشكل أساس على اختيار قيمة العتبة(آلياً أو يدوياً) والتي تحدد التغير من عدمه وذلك باستبعاد القيم غير المؤثرة في إيضاح الظاهرة المستهدفة من الدراسة.

Abstract

The study of edge detection in digital images is an essential topic in the field of image processing and pattern recognition. It is essentially significant in solving the problems which represented by computer vision in order to distinguish the structural forms of those images. This research develops a program to detect the edges that exist in digital images (pictures) in order to derive the structure of the forms (shapes) that exist in those images. The study applies a suggested algorithm to different input images. Then, the study extracts the edges of the images by using four methods of detection: Robert, Sobel, Prewitt and Canny. Through the practical application, it has been noticed that the suggested program is reliable in revealing the boundaries and the edges of the forms that exist in the examined images to the degree of a single pixel mainly through depending on the choice of threshold value (automatically or manually) which determines the existence of any change through excluding the insignificant values in detection phase of the study.

(١) مدرس مساعد، قسم علم الحاسوب، كلية الحدباء الجامعة.

تاريخ الاستـــلام: ٢٠٠٥/٢/١٧
تاريخ قبول النشر: ٢٠٠٥/٤/٦

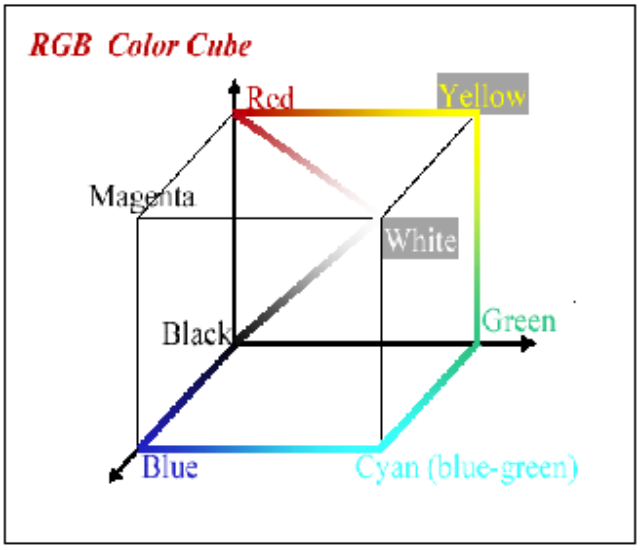
المقدمة (Introduction):

تتركب الصور الرقمية من مساحات صغيرة متساوية تدعى نقاط الصورة(Pixels) تكون مرتبة في خطوط وأعمدة منتظمة، وكل نقطة تمثل الإحداثيين(x,y) في الصورة، وأما قيمة هذه النقطة فيتم تحديدها من خلال تدرج رمادي معين(للصور الرمادية) أو لون معين (للصور الملونة)، [Harjito, 1998]. تحتوي الصور الحقيقية على نقاط مضيئة ومظلمة تقابل أعلى قيمة واقل قيمة للمصفوفة الصورية، وأية قيمة وسطية ما بين أعلى واقل قيمة تمثل ضلالاً من اللون الرمادي تتباين باستمرار ما بين الأسود والأبيض[الصفار، ٢٠٠٢]. لذا فان درجة الإضاءة عند أيّة نقطة من نقاط الصور تعتمد على الوضع الهندسي لنقطة النظر(Viewing point) بالنسبة للمنظر المصور، إذ إنها تتأثر بالمسافة بين نقطة النظر ومحتويات المنظر والزاوية التي تصنعها سطوح هذه المحتويات مع نقطة النظر، أي إنها تتأثر بنوع المسقط(جانبي أم عمودي)، فصور الوجوه عادةً تؤخذ من زاويا مختلفة وبمساقط جانبية من مسافات قريبة ولذا يكون الاختلاف كبيراً في مثل هذه الصور، بينما الصور الملتقطة من ارتفاعات عالية وإن كانت بزوايا مختلفة تكن درجة التباين الهندسي فيها قليلة، لذا فالخصائص التي يمكن أن تكون فعالة لتمييز صور الوجوه ليس بالضرورة أن تكون فعالة لتمييز الصور الملتقطة من ارتفاعات شاهقة والعكس صحيح [الياسين، ٢٠٠٠]. ومن قيم النقاط الصورية يتم تقسيم الصور إلى ثلاثة أنواع أساسية:

الصور الرمادية(Grayscale Images): تشير الصور ذات التدرج الرمادي إلى الصور أحادية اللون(One Color Images) إذ تحتوي على معلومات شدة الإضاءة فقط دون وجود معلومات اللون، إذ تكون قيم شدة الألوان الأساسية الثلاثة(الأحمر، الأخضر والأزرق) في هذا النوع من الصور متساوية في فضاء الألوان(RGB)، وهذا يسمح بالحصول على(0-255) شِدّات لونية مختلفة للمستويات الرمادية والتي تبدأ باللون الأسود والانتهاء بالأبيض[الصفار، ٢٠٠٢].

الصور الملونة(Color(RGB) Images): تنتج الصور الملونة من مزج نطاقات(أقنية) ذوات أطوال موجية مختلفة من خلال إسقاطها عبر منابع ضوئية للألوان الأساسية الثلاثة [الحبش، ١٩٩٤]. وأما بيانات هذه الصور فتكون مخزونة على شكل مصفوفة ثلاثية الأبعاد(M×N×3)، إذ يمثل البعد الأول اللون الأحمر(Red) والبعد الثاني يمثل اللون الأخضر(Green) أما البعد الثالث فيمثل اللون الأزرق(Blue)، الشكل(١) وكل بعد يتكون

من(M×N) من الأسطر والأعمدة وقيمة الشدة اللونية لكل لون في موقع النقاط الصورية المقابلة هي نفسها عند كل بعد[Umbaugh, 1998]. ويعد هذا النوع من الصور كفوءاً لتغطية مدى كامل من الألوان التي تتحسسها العين البشرية والذي يؤدي إلى إمكانية التمييز الأفضل للتشكيلات والأجسام المحتواة في الصورة وفي عمليات التحديد والتمييز الأفضل للعينات الطيفية التي تستخدم في عمليات تصنيف الصور[الحبش، ١٩٩٤]. إلا أن هناك بعض المساوئ باستخدام هذا النوع من الصور إذ يكون مكلفاً حسابياً وبعض الأحيان ليس من الضروري استخدام(24-bit) لكل نقطة خزن صورية ويحتاج إلى ذاكرة كبيرة ووقت للمعالجة لخزن الصور الرقمية الملونة[الصفار، ٢٠٠٢]. أي إن كل نقطة صورية يتم تمثيلها بثلاثة ألوان وكل لون يتم تمثله بثمانية أرقام وهذا يعني أن كل نقطة صورية للصور نوع(RGB) سوف يتم تمثيلها من خلال أربعة وعشرين رقماً(24 bit/pixel)، وهذا أعطى القابلية على إظهار (224=1677716) من الألوان المختلفة[Umbaugh, 1998].



الشكل(١) مكعب فضاء الألوان(RGB)، [Demuth and Beale, 1998].

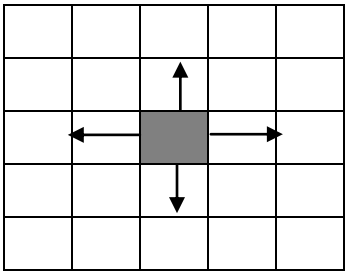
الصور الثنائية(Binary Images): تعد الصور الثنائية ابسط أنواع الصور، إذ يتم استخدام التمثيل الرقمي الثنائي للبيانات(0,1)، ويمكن أن يعبر عنها بالدالة F(i,j) وهي ثنائية الأبعاد، إذ يمثل(i) الإحداثي الأفقي أما(j) فيمثل الإحداثي العمودي ونقطة الأصل (0,0) تقع عند الزاوية العليا اليسرى من الصورة[الصفار، ٢٠٠٢]. ويتم تمثيل الأجسام أو

الأشياء(Foreground) التي تحتويها الصورة بالقيمة(١) أما خلفية الصورة (Background) فيتم تمثيلها بالقيمة(0)، أي إن قيم نقاط الصور الثنائية لها احتمالان اثنان يظهران بصورة طبيعية(Normally) كأسود وأبيض، وبصورة عددية(Numerically) إذ القيمة(0) تمثل اللون الأسود والقيمة(1) تمثل اللون الأبيض[Fisher et al, 2002].

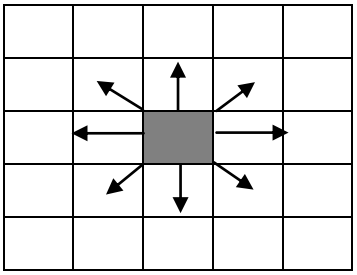
كشف الحافة(Edge Detection):

وهي عملية تحديد الخواص المهمة للأشياء داخل الصورة، وهذه الخواص بدورها تتضمن الإنقطاعات في خصائص الأشياء الهندسية والفيزيائية، إذ تقود هذه المعلومات عن الأشياء إلى مواضع الاختلاف والتغيير في المستوى الرمادي للشيء في الصورة، كما أن التغير الكبير في شدة إضاءة الصور ضمن حيز مكاني قصير يؤشر على وجود حافة في الصورة[الحيالي، ٢٠٠٢]. تعتمد تقنيات كشف الحافة على الاختلاف ما بين خلفية الصورة (ما يحيط بالأجسام) والظواهر(الأجسام) التي تحتويها الصورة، إذ يتم تمثيل خلفية الصورة بـ(0) أما(1) فيمثل الوحدة التي تنتمي إلى حافة في الصورة[العبيدي، ٢٠٠٢]. إن فكرة اكتشاف الحواف تستند على أن معلومات الحافة في الصورة يمكن إيجادها من خلال علاقة كل نقطة صورية مع نقاط الصورة المحيطة بها(علاقة التجاور)، الشكل(٢) فعندما تكون شدة التدرج الرمادي لنقطة صورية معينة مشابهة لشدة النقاط الصورية المجاورة لها، يؤدي هذا إلى عدم وجود حافة عند تلك النقطة، والعكس قد يؤدي إلى اكتشاف وجود حافة [Neil and Lynne, 2000]. إن الغرض من اكتشاف الحافة هو تحديد مواضع التغييرات الفجائية(Abrupt change) في المستويات الرمادية في الصورة وبالتالي تحديد الظواهر الفيزيائية المنتجة لها، وأما الطريقة المستخدمة في اكتشاف الحافة فيجب أن تتمتع بمستوى عال من الكفاءة والوثوقية لأن صحة وكفاءة وإمكانية إتمام المراحل اللاحقة تعتمد على هذه الطريقة، وبالتالي فأن عملية اكتشاف الحافة ستعطي المعلومات الضرورية حول معالم الصورة[الحيالي، ٢٠٠٢]. وخلال عملية كشف الحافة يتم تحديد الحدود بين أية منطقتين متجاورتين إذ يكون التباين بينهما واضحاً من حيث اللون(Color) أو الإضاءة (Brightness) أو القوام(Texture) لنقاط الصورة، وهذا يتم بتطبيق مرشحات الترددات العالية (High Pass Frequencies Filters) في فضاء التحويل، أو من خلال تطبيق اللف

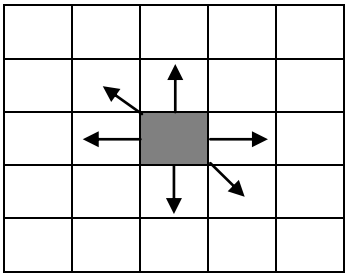
الرياضي (Convoluting) على الصورة وذلك باستخدام نافذة مناسبة(Mask) في المجال أو الفضاء المكاني(Spatial Domain)،[Marcel and Cattoen, 1997].



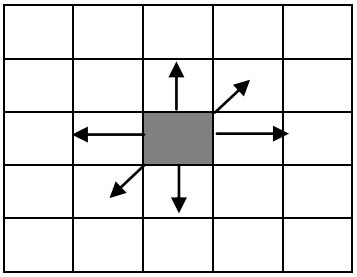
٢. الاتصالية الرباعية



١. الاتصالية الثمانية



٤. الاتصالية السداسية ش غ/ ج ش



٣. الاتصالية السداسية ش ش/ ج غ

الشكل(٢) طرق الاتصالية[Umbaugh, 1998].

وللكشف عن الحافات أو التغيرات الفجائية في الصور الرقمية يتم استخدام عامل الميل (Gradient Operator) ويرمز له(G) وهو متجه يتكون من العنصرين (GX) و(GY)، حيث يمثل(GX) الميل باتجاه المحور الأفقي أو الصادي(X-direction)، أما(GY) فيمثل الميل باتجاه المحور العمودي أو السيني(Y-direction)، وأما قيمة المتجه(G) فتحسب من خلال المعادلات الآتية[Fisher et al, 2002]:

$$|G| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \qquad \text{.....(1)}$$

$$|G| = \|Gx| + |Gy\| \qquad \text{.....(1.1)}$$

$$\theta = \arctan(Gy/Gx) - 3\pi/4 \qquad \text{.....(2)}$$

حيث: G متجه يمثل الميل.

Gy Gx , الميل باتجاه العرض والارتفاع على التوالي.

θ زاوية اتجاه المتجه(G) والتي تمثل معكوس الظل(اتجاه الحافة).

وهناك العديد من تقنيات كشف الحواف في الصور الرقمية، وفي هذا البحث تم تناول أربعة طرق تقليدية لكشف الحواف(روبرت، سوبل، بريويت وكاني) من خلال عزل أو فصل الأجسام عن المحيط في الصورة. وقد تم تحديد الحواف باعتماد المدرج التكراري (Histogram) لاختيار قيمة العتبة(Threshold) آلياً كأفضل قيمة لكشف الحواف.

تقنية روبرت(Robert Gradient Operator):

هذه التقنية تجد نقاط الحافات فقط بدون اتجاه، وتعد أبسط أنواع الطرق المستخدمة في كشف الحواف[الحيالي، ٢٠٠٢]. وأما النوافذ المستخدمة فهي[Fisher et al, 2002]:

0	+1
+1	0

RX

−1	0
0	−1

RY

حيث: RX تمثل نافذة الأسطر(الميل باتجاه المحور السيني).

RY تمثل نافذة الأعمدة (الميل باتجاه المحور العمودي).

طريقة العمل: يتم تطبيق عملية الالتفاف الرياضي على الصورة المختبرة باستخدام النوافذ أعلاه، وعند كل نقطة يتم الحصول على قيمتين(RX) وتقابل النتيجة من نافذة الأسطر و(RY) وتقابل النتيجة من نافذة الأعمدة. ثم يتم إيجاد قيمة الحافة(G) واتجاهها θ لهاتين القيمتين من خلال معادلات كشف الحافات المذكورة آنفاً. هذا النوع من كشف الحواف له نافذة(Mask) تتكون من(2×2) ويتم إيجاد نقاط الحواف بدون اتجاه وأما صيغة حساب هذه الطريقة(حساب النقطة الوسطية) فهي الجذر التربيعي لحاصل جمع مربعي الفرق بين الجيران القطبية للنافذة المبينة في الشكل(٣).

GL1	GL2
GL3	GL4

الشكل(٣) نافذة معامل روبرت[Fisher et al, 2002].

Where:

$$|G| = |GL1 - GL4| + |GL2 - GL3| \quad \text{.....(1.2)}$$

تقنية سوبل(Sobel Gradient Operation):

إن طريقة اكتشاف الحافات باستخدام معامل سوبل تبحث عن الحافات في الاتجاهين الأفقي والعمودي ثم تضمنها معاً[الحيالي، ٢٠٠٢]. وأما النوافذ فهي[Fisher et al, 2002]:

+1	−2	+1
0	0	0
+1	−2	+1

SX

−1	0	+1
−2	0	+2
−1	0	+1

SY

طريقة العمل: هذا النوع من كشف الحافة تتكون النافذة له من(3×3) ويتم البحث عن الحافات للاتجاهين معاً، وأما طريقة العمل(المعالجة) فتشابه طريقة روبرت في إيجاد قيمة واتجاه الحافة مع الاختلاف في طريقة حساب النقطة الوسطية كما مبين في نافذة الشكل(٤).

GL1	GL2	GL3
GL4	GL5	GL6
GL7	GL8	GL9

الشكل(٤) نافذة معامل سوبل[Fisher et al, 2002].

Where:

$$|G| = |(GL1 + 2\times GL2 + GL3) - (GL7 + 2\times GL8 + GL9)| + |(GL3 + 2\times GL6 + GL9) - (GL1 + 2\times GL4 + GL7)| \quad \ldots\ldots\ldots(1.3)$$

تقنية بريوت(Prewitt Gradient Operation):

معامل برويوت يشابه معامل سوبل في المعالجة عدا اختلاف النوافذ وكما يلي[الحيالي، ٢٠٠٢]:

−1	−1	−1
0	0	0
+1	+1	+1

PX

−1	0	+1
−1	0	+1
−1	0	+1

PY

حيث: SX,SY تمثلان نافذتي الأسطر والأعمدة على التوالي.

طريقة العمل: هذا النوع من كشف الحافة تتكون النافذة له من(3×3) ويتم البحث كذلك عن الحافات لكلا الاتجاهين معاً(الأفقي والعمودي) ثم تضمنها معاً، أما طريقة العمل فهي طريقة معامل سوبل نفسها في إيجاد قيمة الحافة واتجاهها مع الاختلاف في عملية حساب النقطة الوسطية، ويوضح الشكل(٥) النافذة المستخدمة في هذه التقنية.

GL1	GL2	GL3
GL4	GL5	GL6
GL7	GL8	GL9

الشكل(٥) نافذة معامل بريوت[Tang, 2000].

Where:

$$|G| = |(GL7 + GL8 + GL9) - (GL1 + GL2 + GL3)| + |(GL3 + GL6 + GL9) - (GL1 + GL4 + GL7)| \quad \ldots\ldots\ldots(1.4)$$

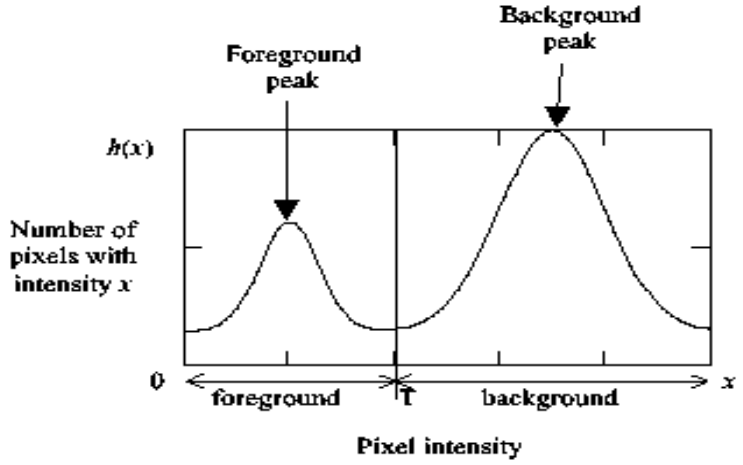
تقنية كاني(Canny Gradient Operator):

قد يسبب استخدام قيمة عتبة مفردة لأجل الكشف عن نقاط الصورة التي تشكل الحواف في الصور الرمادية إلى فقدان عدة حواف مهمة لتلك الصور عندما تكون قيمة العتبة التي يتم استخدامها كبيرة جداً، أما عندما تكون قيمة العتبة صغيرة جداً فقد يؤدي هذا إلى اكتشاف العديد من الحواف غير المرغوب فيها(ضوضاء) مما يؤدي إلى صعوبة كبيرة أثناء تفسيرها، وهكذا افترض كاني خوارزمية جديدة من خلال إعطاء قيم ثابتة عظمى وصغرى للعتبة، وذلك بعد تطبيق مرشح كاوس لتنعيم الصورة الأصلية والتخلص من الضوضاء التي تحتويها تلك الصورة(Suppress of Noises)، [Canny, 1986]. وتستند خوارزمية كاني على افتراض أن كل نقاط الصورة التي تكون قيمتها أعلى من قيمة العتبة العظمى سوف تمثل نقاطاً صورية تعود لحافة، ثم تعاد العملية مرة أخرى وبوصف النقاط الصورية التي تكون قيمتها أعلى من قيمة العتبة الصغرى أنها نقاط صورية لحافة بشرط أن تكون مجاورة للحواف التي تم كشفها من خلال العتبة العظمى، وعليه فان كل نقاط الصورة التي تكون قيمتها أقل من قيمة العتبة الصغرى سوف ترقم على أنها نقاط لا تنتمي إلى حافة[Tang, 2000]. وبالإمكان توضيح خوارزمية كاني كما يلي[الحيالي، ٢٠٠٢]:

١. يتم تطبيق مرشح كاوس للتنعيم(Gaussian Smoothing Filter) على صورة الإدخال.
٢. يتم تخمين قيمة الميل والاتجاه عند كل نقطة باستخدام المعادلات التفاضلية المتجهة (Directional Differential Operators).
٣. يتم إيجاد نقاط الحافة المرشحة وذلك بحساب نقاط النهايات النسبية في قيم الميل على طول اتجاه الميل بعملية تسمى إخماد غير الأكبر(Non-Maximal Suppression).
٤. يتم فحص الحافات المرشحة باستخدام قانون العتبة، فكل النقاط التي لها قيمة الميل أعلى من العتبة العليا تُعد نقاطاً لحافات، بعدها يتم نشر تأثير الحافة(Edge Influence) وذلك بجعل كل نقطة لها قيمة ميل اكبر من العتبة السفلى أيضاً كنقطة لحافة، وهذا في حالة وجود نقطة حافة في مجاوراتها الثمانية المحيطة التي اكتشفت سابقاً.

العتبة(Threshold):

الهدف من العتبة هو استبعاد القيم غير المؤثرة في إيضاح الظاهرة المستهدفة من الدراسة، ولعمل ذلك فان الصورة سوف تجزأ إلى فئتين إحداهما للقيم الواقعة فوق مستوى العتبة والأخرى للقيم دون ذلك، أي انه يتم البحث عن نقطة التغير أو التحول باتجاه ظاهرة ما ومن ثم اتخاذ تلك النقطة كعتبة(حد) للفصل بين المظاهر المتغيرة[الغامدي، ١٩٩٨]. يتم تحديد قيمة العتبة إما يدوياً بطريقة التجربة والخطأ(Try and Error) أو باعتماد المدرج التكراري(Histogram) لتحديد قيمة العتبة آلياً، وفي الحالات المثالية تكون هناك قمة (Peak) كبيرة تشير إلى القيم العامة لنقاط خلفية الصورة وقمة صغيرة تشير إلى قيم نقاط المقدمة أو الشكل الذي تحويه تلك الصورة، ويتم اختيار العتبة ما بين القيمتين وهذا ما يعرف بـ(Valley Seeking)، [الصفار، ٢٠٠٢]. ويوضح الشكل(٦) المدرج التكراري لصورة ذات مستويات رمادية حيث التباين العالي ما بين مقدمة وخلفية تلك الصورة يوضح وجود قمة واحدة كبيرة تمثل الخلفية وأخرى صغيرة تمثل المقدمة.



الشكل(٦) استخدام طريقة العتبة لفصل المقدمة عن الخلفية[الصفار، ٢٠٠٢].

الجانب التطبيقي في البحث(Experimental Research):

تمثل الحافات تغيرات حادة في شدة الإضاءة للنقاط الصورية المتجاورة في الصورة، ولأغراض تطبيقات المعالجة الصورية المختلفة يتم تمثيل المعلومات المشتقة من الصور الرقمية والتي يتم الحصول عليها عبر كاميرات رقمية(Digital Cameras) أو عن طريق صور فوتوغرافية يتم قراءتها من خلال أجهزة المواسح الضوئية(Scanners). وقد تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية لأجل المقارنة بين طرق كشف الحافة المختلفة لاستخلاص الحواف التي تتضمنها الصورة المختبرة ولمراحل العمل الآتية الموضحة في الشكل(٧):

المرحلة الأولى(إدخال الصورة): تمثل هذه المرحلة عملية إدخال الصورة إلى الحاسبة الإلكترونية والتي يتم قراءتها كما مذكور أعلاه، ثم خزن بيانات الصورة في ملف صوري لأجل التعامل معه ضمن إمكانيات اللغة البرمجية المستخدمة.

المرحلة الثانية(اختبار الصورة): بعد إدخال الصورة الأصلية(الخام) سوف يتم اختبارها لأجل تحويلها إلى صورة ثنائية اللون حاوية على حافات أو حدود هيكل الأشكال التي تحتويها تلك الصورة وبِسُمُك نقطة صورية واحدة. ولغرض زيادة كفاءة الخوارزمية فان الصورة المدخلة يمكن أن تكون أحد النوعين الآتيين:

الصور الملونة: إذا كانت الصورة المدخلة من نوع الصور الملونة(RGB) فسوف يتم تحويلها إلى صورة رمادية قبل تحويلها إلى صورة ثنائية، إذ يتم تكوين لوحة المستويات الرمادية (Gray-level-palette) وذلك بملىء السجل الخاص بجدول الألوان الأساسية الثلاثة (RGB) بقيم متساوية لتلك الألوان. ويتم ذلك بأخذ نسب معينة من المستويات اللونية الثلاثة(الأحمر، الأخضر والأزرق) لنقاط الصورة ثم جمع هذه النسب لتكوين المستويات الرمادية الجديدة وحسب المعادلة الآتية[Umbaugh, 1998]:

$$Gray = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad \text{.....(3)}$$

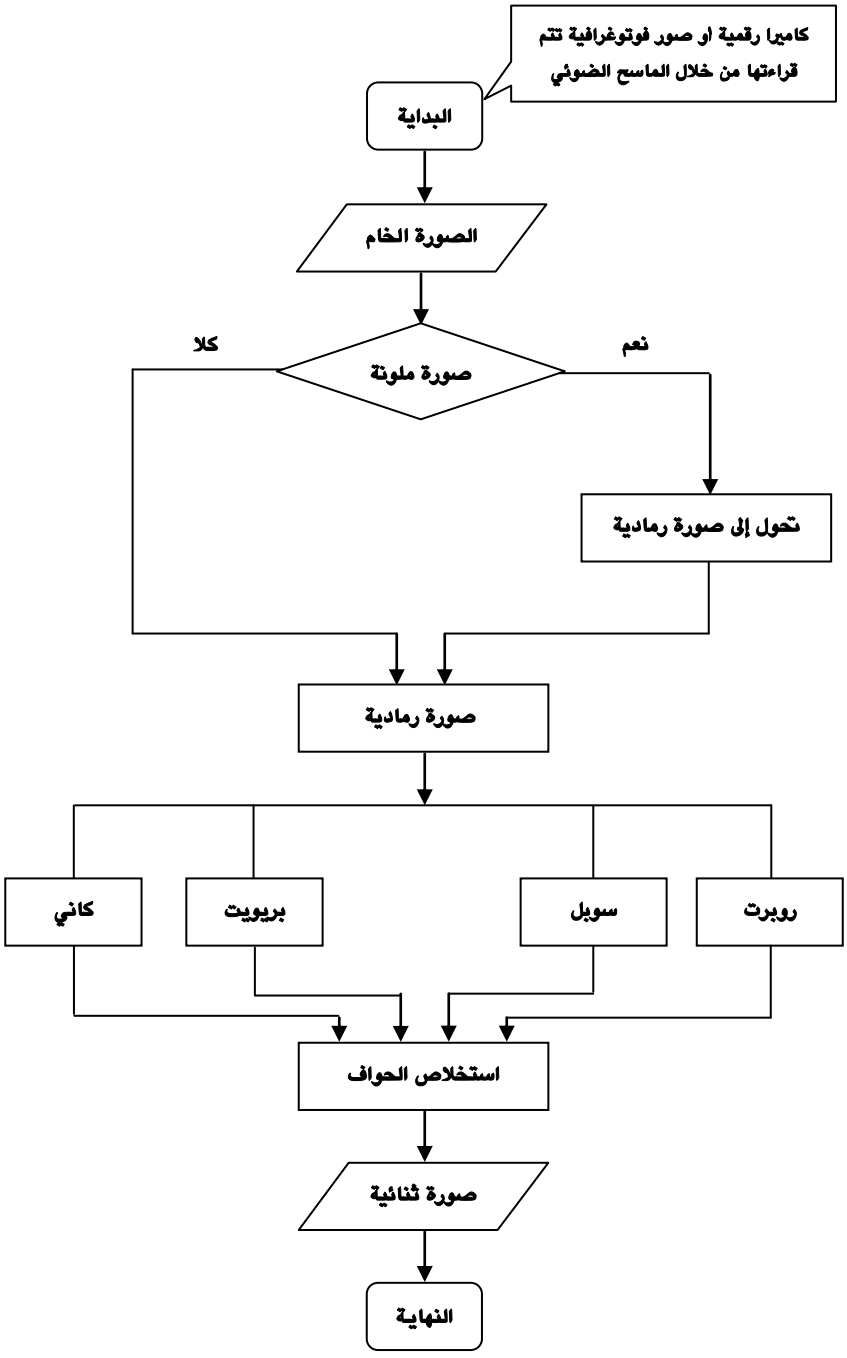
الصور الرمادية: أما إذا كانت صورة الإدخال ذات مستويات رمادية فسوف يتم تحديد حواف تلك الصورة والحصول على صورة ثنائية تحتوي على حدود وحافات الأشكال فقط.

المرحلة الثالثة(استخلاص الحواف): يتم استخدام طرق كشف الحواف(المذكورة آنفاً) للحصول على الصور الثنائية الحاوية على حدود أو حافات الأشكال للصورة المختبرة، إذ سُمُك حدود هيكل الشكل يجب أن يكون بعرض نقطة صورية واحدة فقط.

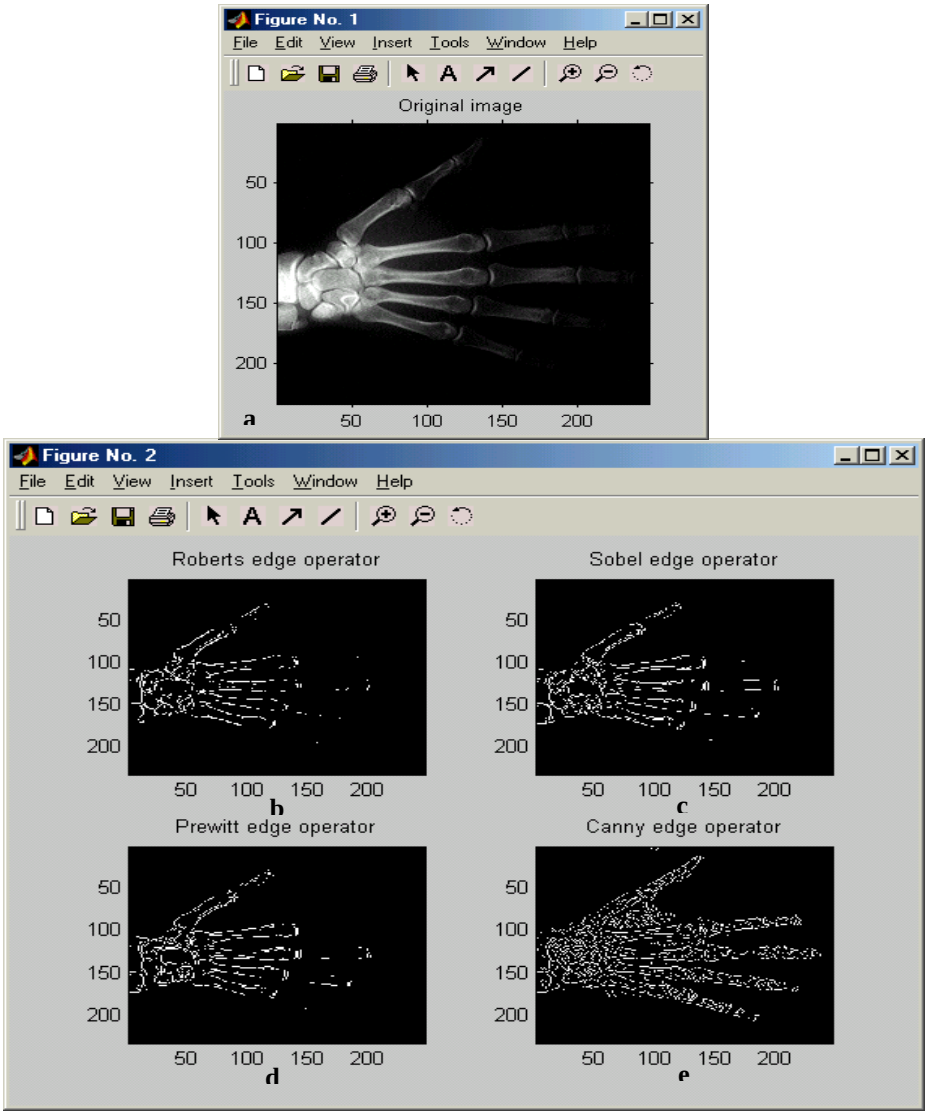
المرحلة الرابعة(الصورة الثنائية): بعد تطبيق طرق كشف الحافة واستخلاص حواف الصورة سوف يتم تمثيل تلك الصورة بالنظام الثنائي(Binary System)، حيث خلفية الصورة تمثل بـ(0) أما (1) فيمثل الوحدة التي تنتمي إلى حافة في الصورة الثنائية.

الأمثلة التطبيقية والنتائج(Practice Experimental Models & Results):

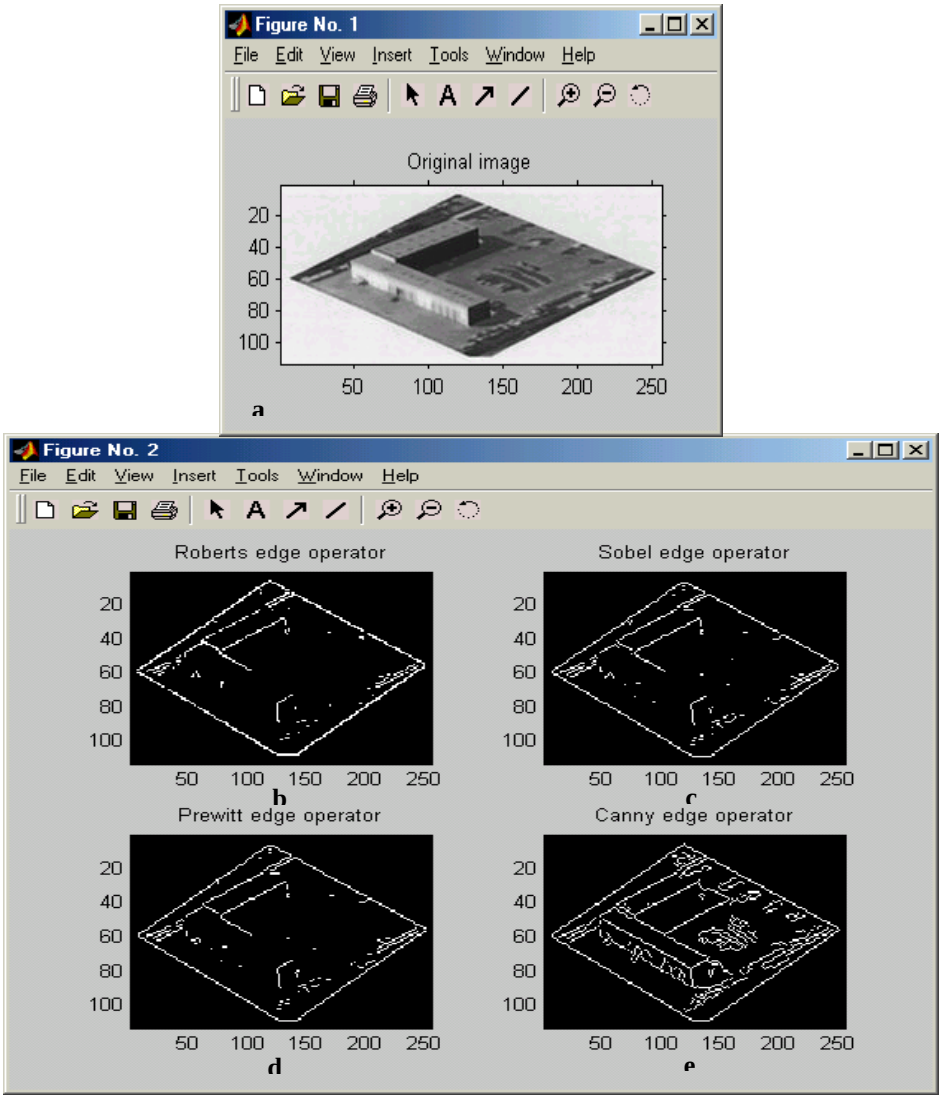
تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية للمقارنة بين بعض طرق كشف الحواف لأجل استخلاص معالم الأشكال في الصور الرقمية. وبعد عرض بعض الأمثلة التطبيقية لأجل التأكد من كفاءة الخوارزمية المقترحة، لوحظ من خلال تلك الأمثلة كفاءة الخوارزمية في عملية المقارنة واستخلاص الشكل البنيوي للصور المختبرة.



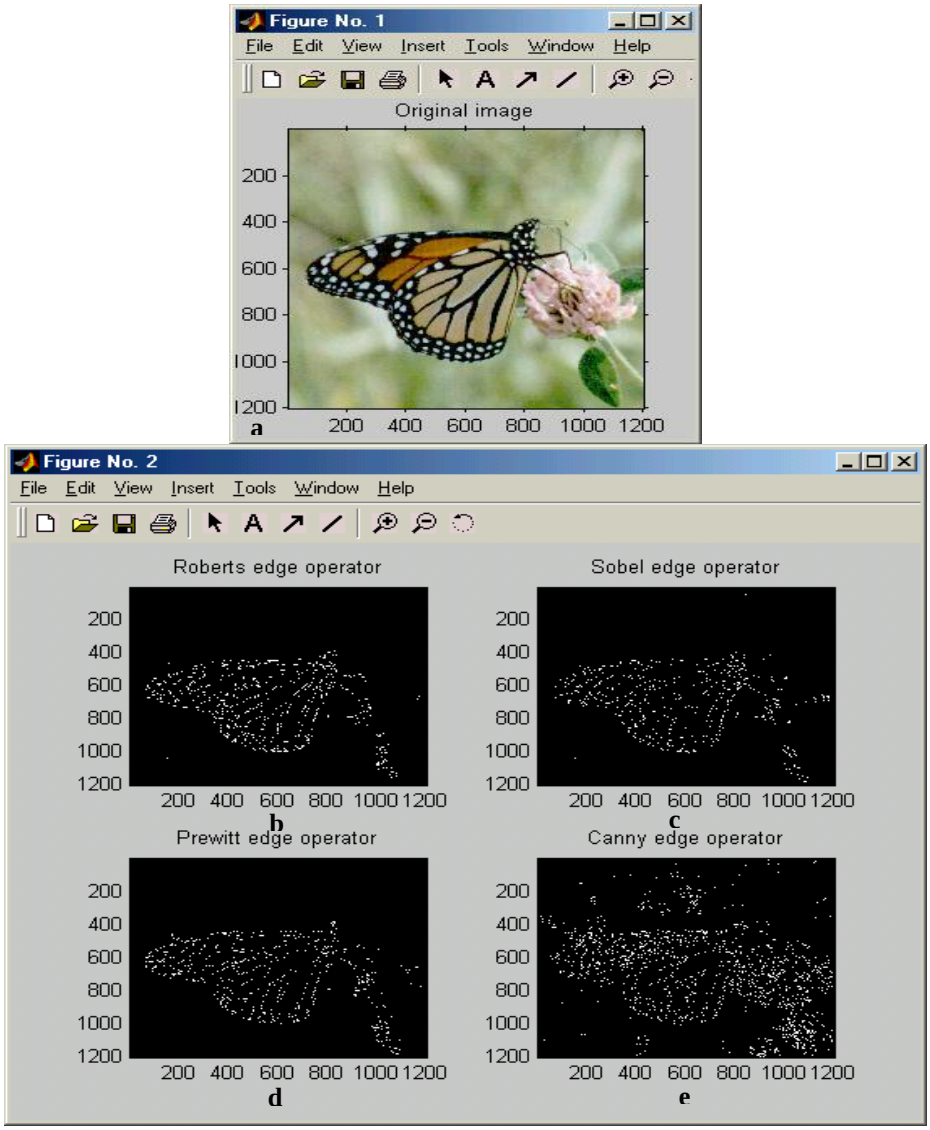
الشكل(٧) المخطط التنفيذي العام للخوارزمية المقترحة.



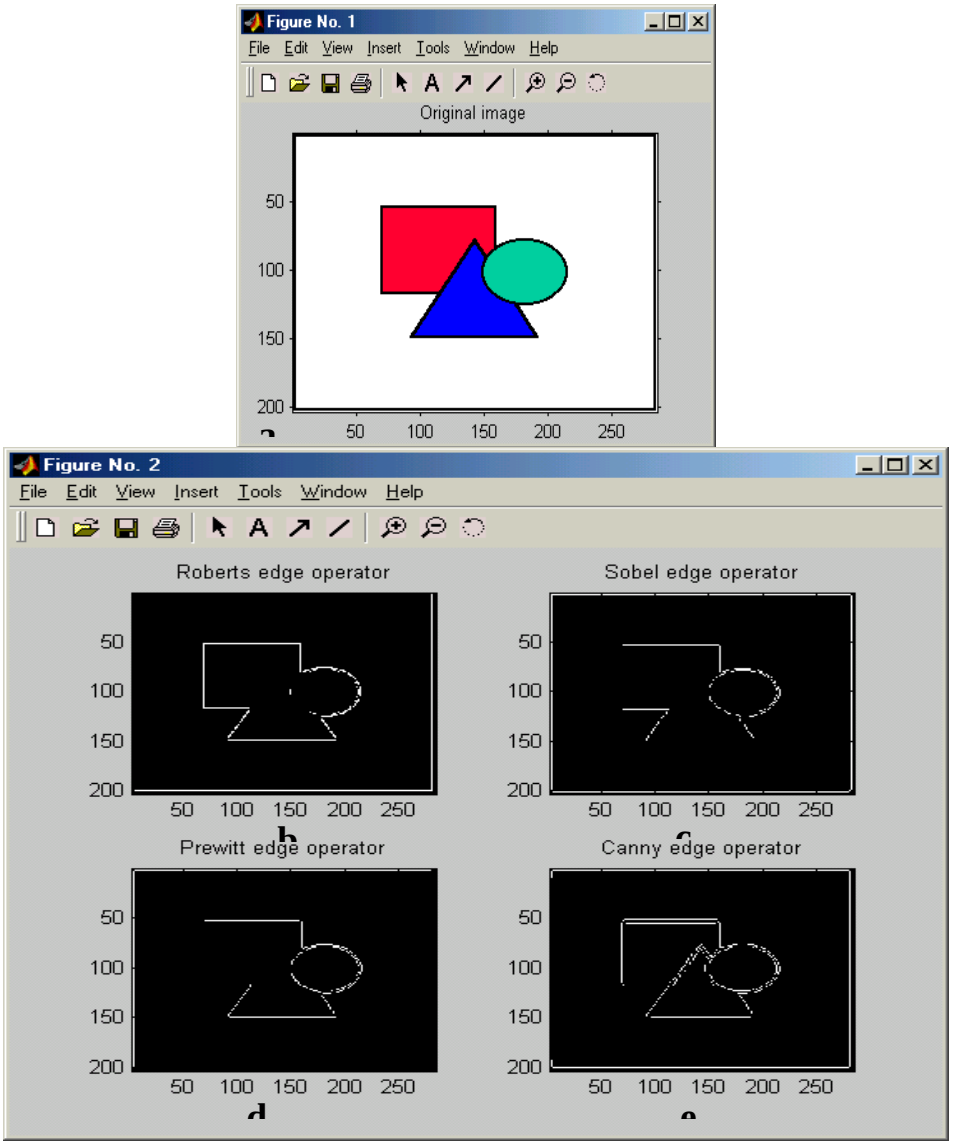
الشكل(٨) صورة حقيقية ذات تدرج رمادي تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق كاميرا رقمية: (a) **الصورة المختبرة بصيغة خزن ملف صوري** bmp. (b) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة روبيرت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها**(0.1231). (c) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة سوبل لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها**(0.0748). (d) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة بريويت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها**(0.0728). (e) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة كاني لكشف الحافة للعتبة العليا التي قيمتها**(0.0313) **والعتبة الصغرى التي قيمتها**(0.0125).



الشكل(٩) صورة جوية تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق جهاز الماسح الضوئي: (a) **الصورة المختبرة بصيغة خزن** jpg. (b) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة روبيرت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها**(0.1978). (c) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة سوبل لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها**(0.1314). (d) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة بريويت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها**(0.1284). (e) **الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة كاني لكشف الحافة للعتبة العليا التي قيمتها**(0.1094) **والعتبة الصغرى التي قيمتها**(0.0438).



الشكل(١٠) صورة حقيقية ملونة(RGB) تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق كاميرا رقمية: (a) الصورة المختبرة بصيغة خزن tif. (b) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة روبيرت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها(0.0920). (c) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة سوبل لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها(0.0574). (d) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة بريويت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها(0.0567). (e) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة كاني لكشف الحافة للعتبة العليا التي قيمتها(0.0469) والعتبة الصغرى التي قيمتها(0.0188).



الشكل(١٠) صورة ملونة تم اعتمادها من خلال إمكانية الرسم التي توفرها بيئة نظام التشغيل: (a) الصورة المختبرة بصيغة خزن ملف صوري bmp. (b) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة روبيرت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها(0.4594). (c) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة سوبل لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها(0.2491). (d) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة بريويت لكشف الحافة للعتبة التي قيمتها(0.2479). (e) الحواف التي تم كشفها بعد تطبيق طريقة كاني لكشف الحافة للعتبة العليا التي قيمتها(0.0156) والعتبة الصغرى التي قيمتها(0.0063).

الاستنتاجات(Conclusions):

تم تطبيق الخوارزمية المقترحة في هذا البحث على العديد من الصور، وبالإمكان تقديم بعض الاستنتاجات التي تم التوصل إليها من خلال التطبيق العملي للخوارزمية:

باستخدام طريقة كشف الحافة يتم تمثيل الصورة من خلال الحواف لها والذي يعد فائدة إضافية حيث يتم تقليل بيانات الصورة بينما يتم الاحتفاظ بكل المعلومات المهمة لتلك الصورة.

تختلف تقنيات كشف الحواف من صورة إلى أخرى ولا تعد أدوات عامة يمكن استخدامها للكشف عن حواف كل الصور إذ إن كل تقنية تكون خاصة بإظهار خصائص معينة من الصورة.

إن طريقة كشف الحافة المستخدمة يجب أن تتمتع بمستوى عال من الكفاءة والوثوقية، لأن صحّة المراحل العملية اللاحقة في المعالجة (كعمليات تمييز وتصنيف الصور) وكفاءتها وإمكانية إتمامها تعتمد على هذه الطريقة.

غالباً ما تكون أشكال الحافات المكتشفة في الصور الجوية أو المرئيات الفضائية غير منتظمة وذات مقاطع خطية متعرجة نتيجة تأثرها ببعض العوامل مثل تغيرات إنارة المشهد وأحوال الغلاف الجوي ووضع الرؤية وخصائص استجابة جهاز التصوير...، وهذا كله يسبب تداخل الأشكال مع بعضها في ذلك النوع من الصور.

إن تقنيات كشف الحواف تعتمد وبشكل أساس على اختيار قيمة العتبة(آلياً أو يدوياً) والتي تحدد التغير من عدمه، وتكون هذه القيمة غير ثابتة وتختلف وفقاً لقناعات وأهداف المستخدم وتضبط وفقاً لهدف الدراسة.

المصادر(References):

١. الحيالي، عبد الله أسعد عبد الله، (٢٠٠٢): تمييز الأشكال الهندسية في الصور الرقمية، بحث ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

٢. الصفار، لمى أكرم عبدالله، (٢٠٠٢): تمييز اللهب في الصور الرقمية الملونة، بحث ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

٣. العبيدي، خليل ابراهيم أحمد، (٢٠٠٢): التمييز الآلي للعلامة المسمارية، اطروحة دكتوراه، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

٤. العبيدي، سندس خليل ابراهيم، (٢٠٠١): خوارزمية اكتشاف الخط المستقيم في الصور الثنائية، بحث ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

٥. الغامدي، سعد أبو راس، (١٩٩٨): اكتشاف التغير باستخدام البيانات الرقمية للأقمار الصناعية: دراسة تطبيقية على مدينة مكة وما حولها، المملكة العربية السعودية.

٦. الياسين، شفاء عبد الرحمن داؤد، (٢٠٠٠): تمييز الوجوه باستخدام الشبكة العصبية النيوكوكنترونية، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

7. Canny J., (1986): A computational approach to edge detection,IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, USA.
8. Demuth H. and Beale M., (1998): Image Processing Toolbox for use with Matlab, The MATH WORKS Inc, MA, USA.
9. Harjito B., (1998): Digital Image Processing and Frequency Domain. M.Sc. Thesis, North Queens Land.
10. Fisher R., Perkins S., Walker A. and Wolfart E., (2002): Image Processing Learning Resource, HIPR2, Explore with JAVA, USA.
11. Marcel B and Cattoen M., (1997): Edge and Line Detection in Low Level Analysis, June 2-3, Univ. Paul Sablier, Toubuse, France.
12. Neil C.R. and Lynne L.G., (2000): "Change Detection for Linear Features in Aerial Photographs using Edge-finding", U.S. Naval Postgraduate School, Monterey, CA 93943 USA.
13. Tang S., (2000): Survey of Edge Detection, Computer Science Department, University of Nevada, Reno, NN 89557, USA.
14. Umbaugh S.E., (1998): Computer Vision and Image Processing: Practical Approach Using CVIP tools, Prentice-Hall, PTR, USA.