

Dependent The Algorithm Of Linear And Gussian Square Fitting To Determine The Edge In Digital Image

**A Thesis
Submitted to the Council of the College of Science
University of Babylon
In Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Physics**

**By
Amer K. Hussain Al-Nifa'ay**



December - ٢٠٠٥

Thee Al-Kuda - ١٤٢٦

اعتماد خوارزمية التربيغات الصغرى الخطية والكاوسية في تحديد الحافات في الصور الرقمية

رسالة مقدمة إلى
مجلس كلية العلوم - جامعة بابل
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم
في علوم الفيزياء

من قبل
أمير خضير حسين النافعي



ذو القعدة ١٤٢٦

كانون الأول ٢٠٠٥

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ
عَلِيمٌ ﴾

صدق الله العلي العظيم
سورة يوسف
(الآية ٧٦)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

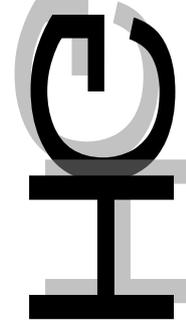
﴿ وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَالِمٌ ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة يوسف (الآية ٧٦)



الإهداء



حبا واعتزازا

والذي رحمه الله

أمي العزيزة

أخوتي وأخواتي

زوجتي

حسن وحسين وأم البنين

إلى سفن النجاة وطريق الهداية

إلى الروح التي لم تفارقني يوما.....

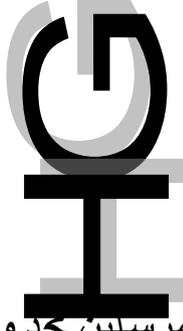
إلى الشمعة التي نورت طريقي

إلى سندي وعضدي في حياتي.....

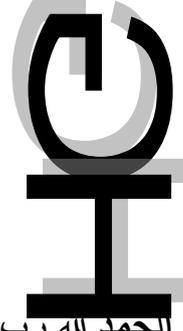
إلى نصفي الآخر ومكملي.....

إلى روعي التي تمشي على الأرض....

أمير



شكر وتقدير



الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد وعلى آله وأصحابه الطيبين الطاهرين.

بعد الشكر لله على ما أمدني من قوة وصبر ومثابرة وتوفيق في إتمام بحثي أتقدم بوافر الشكر والتقدير إلى الدكتور طالب هادي قدوري والدكتور علي عبد داود الزكي لما بذلاه من جهود طوال مدة إشرافهما على البحث وفقهما الله لدوام الخير والعطاء.

وأقدم بخالص شكري وتقديري إلى كل من الدكتور عبد العزيز عبيد موسى والسيد محمد عبد الامير الشريفي والسيد موسى كاظم محسن والسيد رحيم كعيد والسيد حيدر محمد عبد الجليل لمساندتهم لي خلال مدة الدراسة وتوفيرهم لي بعض المصادر.

وأقدم بالشكر والامتنان إلى رئاسة جامعة بابل و عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم الفيزياء وعمادة كلية العلوم للبنات ورئاسة قسم فيزياء الليزر لمتابعتهم لي خلال مدة الدراسة.

ويطيب لي أن أشكر الأخوة مرتضى شاكر ومحمد هادي ورائد مجيد واثير سايب واحسان ضياء وسيف محمد لما بذلوا من جهود ومساعدات طوال مدة الدراسة.

ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر والتقدير إلى جميع منتسبي قسم الفيزياء وطلبة الدراسات فيه لمؤازرتهم لي خلال مدة دراستي.

كذلك أتقدم بالشكر إلى المقوم العلمي والمقوم اللغوي على ملاحظتهما التي أغنت البحث وسدت الكثير من ثغراته.

الباحث



قرار المشرفين على الرسالة

نشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة بـ " اعتماد خوارزمية التربيعات الصغرى الخطية والكاوسية في تحديد الحافات في الصور الرقمية " قد جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة بابل، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء.

التوقيع:

المشرف: د. طالب هادي قدوري
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

التوقيع

المشرف: د. علي عبد داود الزكي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية العلوم/ الجامعة المستنصرية
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءً على التوصيات المتوافرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: د. طالب هادي قدوري
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

التاريخ: ٢٠٠٥/ /

ز

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة نشهد أن الرسالة الموسومة بـ " اعتماد خوارزمية التربيغات الصغرى الخطية والكاوسية في تحديد الحافات في الصور الرقمية " وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها ووجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في الفيزياء.

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. توفيق عبد الخالق الأسدي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. علي هادي حسن
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية التربية/ الجامعة المستنصرية
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. كاظم جواد كاظم
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية العلوم/ الجامعة المستنصرية
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

المشرف: د. علي عبد داود الزكي
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية العلوم/ الجامعة المستنصرية
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

المشرف: د. طالب هادي قدوري
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
العنوان: كلية العلوم/ جامعة بابل
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

مصادقة عميد كلية العلوم

التوقيع:

الاسم: د. عوده مزعل ياسر الزامل
المرتبة العلمية: أستاذ
التاريخ: ٢٠٠٥/ /

الخلاصة :

تعرف الحافة في الصورة الرقمية على أنها عدم الاستمرارية في قيم التدرج الرمادي وهي مواقع الصورة ذات تباين عالي الشدة. وأن عملية كشف الحافات في الصور الرقمية من العمليات والمعالجات المهمة في فهم الصور وتحليلها وتقسيم الصور وتصنيفها.

تم في هذه الدراسة اقتراح وتطبيق مؤثرات لكشف الحافات في الصور الرقمية بالاعتماد على طريقة المربعات الصغرى لتقريب بيانات الصورة الموضعية إلى دالة خطية أو أسية أو كاوسية إذ تم اقتراح وتطبيق ست طرائق جديدة تم اختبارها على ثلاثة صور ذات تدرج رمادي مختلفة.

تم قياس كفاءة الكشف الحافي لهذه الطرائق عن طريق حساب الخطأ الكلي والنتائج من عملية التقليل من الحافات الكاذبة والحافات المحذوفة لعملية كشف الحافات على صورة معلومة الحافات مولدة من الصورة الحقيقية وتم مقارنة نتائج هذه الطرائق مع نتائج أربعة مؤثرات قياسية وتبين أن الطرائق الجديدة قادرة على كشف الحافات وتعطي نتائج مشابهة للطرائق القياسية وكان أفضل الطرائق الجديدة هو طريقة التقريب الخطي المعتمدة على مسح الصورة بأربعة اتجاهات رئيسية.

تم اختبار عدة قيم للعتبة لجميع الطرائق المعتمدة في هذه الدراسة وتطبيقها على الصور المعلومة الحافات المولدة من الصور الحقيقية وتم الحصول على قيم عتبة مثلى تم اعتمادها بكفاءة في كشف حافات الصور الحقيقية.

تم تصميم هذا العمل وبرمجته تحت لغة دلفي الإصدار (V) (DELPHI) وباستخدام حاسبة شخصية نوع بانتيوم ٤.

Abstract

The edge in digital image define as the discontinues in the value of grey level and it is the position in the image has high contrast. The edge detection process in the digital image considers as the most operation and processing to understanding and analysis image and segmentation and classification image.

We suggests and applied operation to detection edge in the digital image depends on the less square method to approximate data to linear or exponential or Gaussian function, so we proposed and applied six new methods, that tests in three digital image, which had different grey level.

The efficiency of edge detection had been measured for this method by calculate the total error that comes from reduces the false and removing edges for edge detection operation in the known edges image comes from real images, and compare the results of these new methods with the results comes from four standard operators, and the results show that the new method detected the edges and give the same results for standard operation, and the most successful one is linear approximation technique that depends upon the scan of image in four major directions. It have been tested any values of threshold in all methods that have been employed in this study, and applied it on the known edge images comes from real images, the optimal threshold that is obtained can be used to defect the edge in real image.

The design and programming of this work is done under DELPHI Language version V and used P⁴ computer.

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
I	قائمة المحتويات
III	قائمة الجداول
IV	قائمة الأشكال
VI	الخلاصة
الفصل الأول: مقدمة	
١	١-١ معالجة الصور الرقمية
٣	٢-١ تطبيقات معالجة الصور
٦	٣-١ الصور الرقمية
٧	١-٣-١: الصور الثنائية
٨	٢-٣-١: الصور ذات التدرج الرمادي
١٠	٣-٣-١: الصور الملونة
١٠	٤-٣-١: الصور متعددة الاطراف
١٠	٤-١: هيئات ملفات الصور
١١	١-٤-١: الصور ذات هيئة BMP
١١	١-٤-١-١: المعلومات الاولية
١٢	٢-٤-١-١: خارطة البتات
١٣	٣-٤-١-١: جدول الالوان
١٣	٤-٤-١-١: البيانات الحقيقية
١٣	٥-١: تحسين الصور
١٤	٦-١: تحليل الصور
١٥	٧-١: الكشف الحافي
١٧	٨-١: الدراسات السابقة
٢١	٩-١: الهدف من الدراسة
الفصل الثاني: الجانب النظري	
٢٢	١-٢ مؤثرات كشف الحافة
٢٤	٢-٢: الالتفاف
٢٦	٣-٢: مؤثرات الكشف الحافي
٢٧	١-٣-٢: مؤثر روبرت
٢٨	٢-٣-٢: مؤثر سوبل
٢٨	٣-٣-٢: مؤثر برويت
٢٩	٤-٣-٢: مؤثر كرش

رقم الصفحة	الموضوع
٣٠	٤-٢: طريقة التربيعات الصغرى الخطية
الفصل الثالث: الطرائق المقترحة لكشف الحافة	
٣٢	١-٣: المقدمة
٣٢	٢-٣: استعمال التقريب الخطي في الكشف الحافي
٤٠	٣-٣: طريقة التقريب الاسي للكشف الحافي
٤٣	٤-٣: استعمال التقريب الكاوسي للكشف الحافي
٤٨	٥-٣: كفاءة الكشف الحافي
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة	
٥٢	١-٤: المقدمة
٥٢	٢-٤: الصور المعتمدة في الدراسة
٥٤	٣-٤: النتائج ومناقشتها
٨٠	٤-٤: الاستنتاجات
٨١	٥-٤: التوصيات والعمل المستقبلي
٨٢	المصادر

١-١ معالجة الصور الرقمية Digital Image Processing

ينبع الاهتمام بطرائق معالجة الصور الرقمية من مجالين تطبيق أساسيين هما: تحسين المعلومات التصويرية من اجل تفسير الإنسان لها ومعالجة بيانات المنظر لإدراك الآلة له بشكل مستقل^[١].

و تقسم عملية معالجة الصورة إلى صنفين مهمين:

أ- معالجة الصورة. Image Processing

ب- الرؤية الحاسوبية. Computer Vision

في معالجة الصور تختبر الصورة ويكون القرار حسب رؤية الشخص المعني, بينما في عملية الرؤية الحاسوبية فان الصورة تختبر ويكون صاحب القرار هو الحاسوب^[٢]. إن الهدف من الرؤية بواسطة الحاسوب هو فهم الصورة في عمليات الذكاء الاصطناعي من حيث بناء أنظمة تحاكي أداء الإنسان مثل أنظمة تصنيف الصور وأنظمة الإنسان الآلي^[٣,٢].

إن التقنية الرقمية الحديثة جعلت من الممكن تحليل المعلومات واستنتاجها من الإشارات الرقمية المختلطة والمرتبطة بأنظمة الاستشعار. وهذا التحليل والتعامل مع البيانات الرقمية الصورية عادة يمكن تقسيمه إلى:

- (١) معالجة الصور (Images processing) أي صورة داخلية تؤدي إلى صورة خارجة.
- (٢) تحليل الصور (Images Analysis) أي صورة داخلية تؤدي إلى قياسات خارجة.
- (٣) فهم الصور (Images Understanding) أي صورة داخلية تؤدي إلى وصف عالي المستوى خارج.

سيكون التركيز حول مفهوم معالجة الصور الرقمية لكونه من الحقول المهمة التي بدأت تأخذ دورها بشكل فعال في العديد من التطبيقات المهمة^[٤,٣]. ومن أهم حقول معالجة الصور الرقمية هي تقنيات تحسين الصورة Image Enhancement وضغط الصورة Image Compression واستعادة الصورة Image Restoration.

وتعد عملية تحسين الصورة تحديداً لملاح الصورة وتحسين رؤية نظام الإبصار لها لدى الإنسان وتهدف هذه العملية إلى التخلص من التأثيرات غير المرغوب فيها والنتيجة من أجهزة التحسس^[٥]. أما عملية ضغط الصورة فهي تقليص من حجم بيانات الصورة لغرض تخفيض متطلبات الخزن والإرسال لبيانات الصورة. أن الهدف من عملية استعادة الصورة هو إزالة الضوضاء الموجودة في الصورة واستعادة هيئتها الأصلية مع وجود معرفة سابقة عن نوع الضوضاء^[٤,٣].

غالبا ما يتم الخلط بين تقنيات معالجة الصورة والرسم الحاسوبي (computer graphic) والذي هو جيل من الصور المصطنعة ويعمل في نظامين أو ثلاثة أنظمة للجسم, بينما تقنيات معالجة الصورة تتعامل مع الصورة الملتقطة حديثاً ومع عدد غير محدود من الأنظمة^[٤].

هنالك أربعة أنواع من المعالجات الصورية وهي:

١. العمليات النقطية. Point Processing
٢. عمليات المساحة. Area Processing
٣. العمليات الهندسية. Geometric Processing
٤. عمليات معالجة اللقطة. Frame Processes

إذ يتم في العملية الأولى تعديل قيم عناصر الصورة (Pixels) بصورة مستقلة وبدون الحاجة الى عناصر الصورة الاخرى، بينما في العملية الثانية يتم تعديل قيم عناصر الصورة المعتمدة على القيم الأصلية لها وقيم عناصر الصورة في المواقع المجاورة للعنصر الأصلي، وفي العملية الثالثة يتم تغيير الموقع لعناصر الصورة أو إعادة ترتيبها بينما في العملية الأخيرة يتم معالجة اللقطات المتتابعة للصورة الفيديوية لقطة لقطة.

٢-١ تطبيقات معالجة الصور

Images Processing Application

إن تطبيقات معالجة الصور أصبحت تدخل في اغلب العلوم التطبيقية. وكذلك الأعمال الفنية مثل السينما والصور الفوتوغرافية العالمية ومن أهمها:-

١. التطبيقات في برامج الفضاء Application in Space Programs

تم استعمال عدة تقنيات لمعالجة الصور في برامج الفضاء وهذه التقنيات أدت إلى تحليلات ضخمة استثمرت بنجاح في معرفة نظامنا الشمسي، إذ حصلت وكالة ناسا الأمريكية لبرامج الفضاء على الكثير من الصور الرقمية التي أرسلتها مركبات الفضاء حول نظامنا الشمسي وأرسلت مجسات الفضاء صوراً رقمية حول الأرض كبيانات متسلسلة ولكن اغلب الصور المستلمة تتشوه بسبب التشويش الناتج من الهيجان الشمسي. وعليه فإن الصور تكون غير صالحة للاستعمال و تخضع هذه الصور لتقنية إعادة بناء (Reconstruction Techniques) وتقنيات ترشيح (Filtering Techniques) لإزالة الضوضاء واستعادة القسم المفقود من الصورة^[٦,٥].

٢. التطبيقات السينمائية Application in Movies

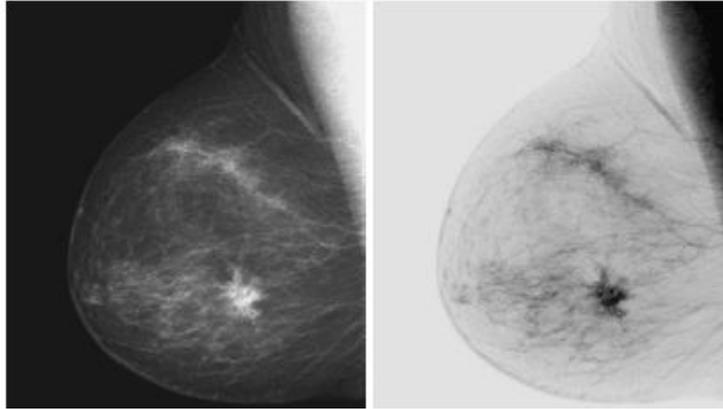
استعملت هوليود تقنيات المعالجة لتوليد مؤثرات خاصة وتوليد أشكال ذات طابع مميز. إذ استعملت الحاسوب لإحلال صورة بدلاً من أخرى،^[٧] إزالة الأجسام من الصورة الأصلية وخلق لقطات بوساطة تركيب أجزاء من اللقطات المختلفة لمشاهد متعددة. كما أن عملية تركيب الصور (Images Composition) استعملت في مجال الأفلام في محاولة رقمية لجعل الصور أكثر صفاءً وصالحة للتقديم^[٧,٦]. إضافة إلى ذلك فقد اعتمدت عملية لف الصورة (Image Warping) وتشكيلها بتعديل جزء من التفاصيل فيها إذ تستعمل لتعديل هيئة الممثل كجعله أطول أو أقصر، اضعف أو اسمن كما إنها تختزل حجم الأنف أو تعدل أي نسيج فيزيائي.

Medical Applications

٣. التطبيقات الطبية [٨,١]

المعالجة الرقمية للصور الطبية استعملت منذ وقت بعيد وهناك تقنيات مختلفة للصور استعملت مثل صور (x-ray) الأشعة السينية والموجات فوق السمعية (Ultrasound) والرسم الطبقي الحاسوبي (Computer-Tomography) والرسم الطبقي بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Tomography) (CT or AT) ذات الاستعمال الواسع منذ عام ١٩٨٠. وأن الصور الرقمية السلبية Digital Negative Images هي مثال

لعرض صور طبية وتصويرها ضوئياً على شاشة مع فلم أحادي اللون موجب، وهذا واضح في الشكل (١-١) [٣].



(أ)

(ب)

الشكل (١-١) يبين تقنية الصور السلبية وخاصة في الصور الطبية

(ب) الصورة السلبية

(أ) الصورة الأصلية أحادية اللون

Document Imaging

٤. تصوير المستندات

تستعمل أنظمة تصوير المستندات بيانات صور ثنائية النغمة (صورة أبيض وأسود) (Bitonal Image Data) لتمثيل المستندات لأغراض تخزينها. توفر هذه الطريقة الكثير من الفوائد للشركات من خلال تحويل المستندات من الأوراق إلى تخزينها في الحاسبات ضمن أنظمة تخزين الصور. كلفة التخزين في الحاسبة أقل مادياً ويمكن تخزين عدد كبير من المستندات أو الوثائق في قرص مرن وفي مساحة قليلة من هذا القرص^[٨].

وهذه العملية تمكن من تخزين مئات الألوف من الوثائق والمستندات في الحاسبة وسهولة استرجاعها وعدم ضياع هذه الوثائق أو تعرضها إلى التلف من جراء سوء التخزين أو الحرائق التي تحصل في مخازن الوثائق. وكذلك يمكن نقل هذه الوثائق من مكان إلى آخر وبصورة سريعة ومن خلال وسائل الاتصال الحديثة مما يمكن عدة أشخاص من الإطلاع على وثيقة واحدة في آن واحد^[٩].

Security Applications

٥. تطبيقات أمنية

من خلال العمليات الأمنية التي تقوم بها الجهات المسؤولة عن الأمن يتم الحصول على وثائق وبيانات وأدلة في مواقع الجرائم ومن خلال إدخال هذه الأدلة إلى الحاسبة على شكل بيانات يتم تخزينها في الحاسبة ومن خلال المقارنة بين هذه الأدلة الجديدة والبيانات السابقة عن أنواع الاطلاقات النارية وصور ومعلومات ووثائق عن المجرمين مما يسهل معرفة الشخص المسؤول عن الجريمة وإثبات الأدلة عليه^[١٠].

كما يمكن الحصول على صور لحادثة إجرامية ولكن بها نوع من التلف فيمكن من خلال عمليات التحسين التي تجري على الصورة للحصول على صورة واضحة للعمل الإجرامي كما يمكن من خلال عمليات تحليل الصور واستعمال برامج للقيام بعملية مقارنة لبصمات الأصابع في موقع الجريمة مع عدد هائل من البصمات المخزونة في الحاسبة على شكل بيانات يمكن الحصول على بصمة المجرم أو الأشخاص المتواجدين في أثناء حدوث الجريمة وهذه النتيجة سريعة ودقيقة إذا ما قورنت بعمل الإنسان^[١١].

Images

١-٣ الصور الرقمية

Digital

يدرك الإنسان ما حوله من مشاهد بوساطة العين إذ تستلم الصور بشكل مجموعة من الطاقة الضوئية الموزعة بترتيب معين وأن هذه الصور تسمى صوراً ضوئية (Optical Images) والتي تتمثل معلوماتها بشكل إشارات كهربائية تنتقل إلى الدماغ، وعند التعامل معها بوساطة الحاسوب فلا بد من تحويلها إلى شكل رقمي وهذا يتم بعملية الرقمنة (Digitization) في كل من إحداثي الحيز والاتساع وتدعى رقمنة الإحداثيين الحيزين (x,y) تقسيم الصورة (Image Sampling) في حين أن رقمنة الاتساع تدعى "تكميم الشدة الرمادية" (Gray Level Quantization)^[١٢].

وأن الصورة الناتجة من عملية الرقمنة تسمى بالصورة الرقمية (Digital Images) وهي دالة شدة إضاءة ثنائية الأبعاد $f(x,y)$ وتمثل بمصفوفة نقاط بشكل أعمدة وأسطر وأن كل نقطة من هذه النقاط تسمى عنصر الصورة (Picture Element) ومختصرها (Pixel) ويعد أصغر جزء في الصورة يمكن تحديد موقعه ضمن الصورة باستعمال الإحداثيات (x,y) كما مبين في المعادلة (١-١) ولكل نقطة عددية تمثل الشدة الرمادية عند تلك النقطة وتتراوح قيمتها بين الصفر الذي يمثل اللون الأسود وقيمة عظمى تمثل اللون الأبيض [١,٢].

$$F(x, y) = \begin{pmatrix} F(0,0) & F(0,1) & F(0, N-1) \\ F(1,0) & F(1,1) & F(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ F(M-1,0) & F(M-1,1) & F(M-1, N-1) \end{pmatrix} \dots\dots\dots (١-١)$$

يتم تمثيل شدة الإضاءة لكل نقطة صورية في الصورة الرقمية من خلال عدد البتات لكل عنصر صورة (bits/pixel) أي أن في الصور الثنائية (Binary Images) (أسود وأبيض) يتم تمثيل شدة الإضاءة لكل نقطة صورية من خلال بت واحد أي (١ bit/pixel) وفي الصورة الرقمية الرمادية (Grayscale Images) فإن التمثيل يتم من خلال ثمانية بتات أي (٨ bits/pixel) والتي تعطي (٢^٨) احتمالية مختلفة لمستويات التدرج الرمادي [١,٢] وفي الصور الملونة (Color Images) فإن التمثيل يتم من خلال أربعة وعشرين بتاً أي (٢٤ bits/pixel) وهذا يعطيها القابلية على إظهار (١٦٧٧٧٢١٦ = ٢^{٢٤}) من الألوان المختلفة، وتسمى هذه الصور بالصور الحقيقية الألوان (True Color Images) [٨,٩].

أي إذا رمزنا إلى عدد مستويات التدرج اللوني بالرمز (G) فإن [١]

$$G = 2^m \dots\dots\dots (٢-١)$$

إذ أن m : عدد البتات اللازمة لتمثيل كل عنصر.

هنالك علاقة طردية بين حجم الصورة وعدد البتات اللازمة لتمثيل كل عنصر مع وضوح الصورة (أي درجة التفاصيل الممكن تمييزها) وعليه فإن الصورة ذات التفاصيل المميزة ستأخذ حجماً أكبر في الذاكرة عند تخزينها والعكس صحيح [١,٧,١٠].

أن أهم مصادر الحصول على الصورة الرقمية هي التي جاءت من التصوير بالكاميرات الرقمية Digital Cameras أو من الماسحات الضوئية Optical Scanners والتي تقوم بعملية الرقمنة أي تحويل الصورة إلى تمثيل عددي ملائم للإدخال إلى الحاسوب بالشكل الرقمي [٧].

وان الصورة الرقمية لها عدة أنواع وعلى الآتي:

١-٣-١ الصور الثنائية Binary Images

تعد الصور الثنائية من أبسط الصور، إذ يستعمل التمثيل الرقمي للبيانات النظام الثنائي $(1,0)$ ويمكن إن يعبر عنها بمصطلح يشير إلى الدالة تدعى $f(x,y)$ وهي ثنائية الأبعاد، إذ يمثل x الإحداثي الأفقي أما y فيمثل الإحداثي العمودي.

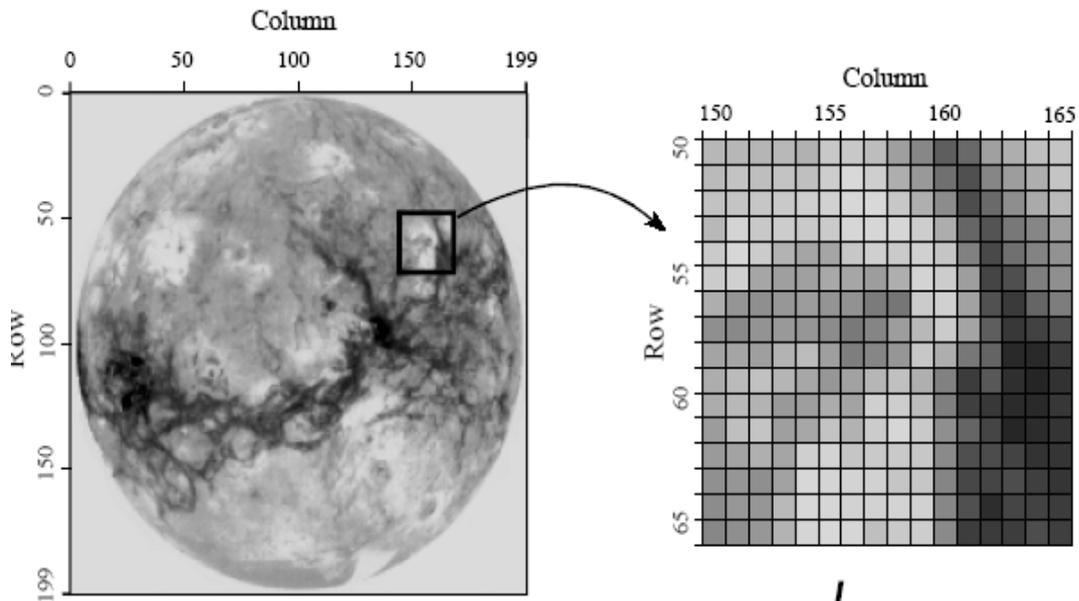
يتم تمثيل مثل هذا النوع من الصور بقيمة ثنائية واحدة لكل نقطة صورية من خلال رقم ثنائي واحد (1 bit/pixel) أي أن كل عنصر في الصورة الثنائية يأخذ قيمة واحدة من قيمتين اسود (0) و ابيض (1) [1,2].

و غالباً ما نستعمل الصور الثنائية في تطبيقات الإبصار الحاسوبي كعمليات التعرف على قطع الكلمات والحروف، كما تستعمل لتمثيل صور المطبوعات الكتابية (النصوص) وصور الخرائط ومخططات الدوائر الإلكترونية [3].

١-٣-٢ الصور ذات التدرج الرمادي Gray Scale Images

تشير الصور ذات التدرج الرمادي إلى الصور الأحادية اللون (Monochromatic Images) وتحتوي هذه الصور على معلومات شدة الإضاءة فقط، إذ لا تحتوي على المعلومات اللونية ويتم تمثيل كل نقطة صورية للصور الرمادية بمقدار ثمانية بتات (8 bits/pixel). والتي تعطي (٢٥٦) احتمالية مختلفة لمستويات التدرج الرمادي [1] أي أن شدة الإضاءة لكل عنصر في الصور الرمادية تكون قيمته واحدة من بين (٢٥٦) قيمة من مستويات الشدة الرمادية والتي تكون محصورة بين (٠-٢٥٥) وتتدرج من الأسود (٠) إلى الأبيض (٢٥٥)، ومصفوفة الصورة تكون مرتبة في خطوط وأعمدة منتظمة [1].

ويوضح الشكل (١-٢) تركيب الصورة الرقمية لكوكب الزهرة إذ أن هذه الصورة أخذت بواسطة كاشفات للأشعة المايكروية المنعكسة عن سطح الكوكب وتم إرسالها إلى الأرض عن طريق تحويلها إلى صورة رقمية كمصفوفة أرقام ذات إحداثين وفي هذه الصورة كانت المصفوفة عبارة عن ٢٠٠ صف و ٢٠٠ عمود ولكل عنصر صورة عدد يتراوح بين (٠-٢٥٥) وعندما تم التقاط الصورة فأن قيمة كل عنصر للصورة تمثل مستوي طاقة للأشعة المايكروية المنعكسة ولكن في الصورة الرقمية ذات التدرج الرمادي رتبت مستويات الطاقة على شكل تدرجات رمادية مختلفة قيمها بين (٠-٢٥٥)، و الشكل (٢-١) يوضح هذه العملية [3].



Column

	150	155	160	165
50	183	183	181	184
	177	200	200	189
	159	135	94	105
	160	174	153	112
55	80	134	157	174
	196	190	195	191
	205	216	206	174
	199	175	140	77
60	102	84	120	134
	204	201	202	214
	214	214	214	205
	173	102	84	120
65	159	146	146	131
	202	215	203	179
	165	165	199	207
	202	208	197	129
60	73	112	131	146
	203	208	208	162
	81	58	101	125
	143	137	147	153
65	140	121	133	157
	184	203	164	94
	56	66	80	164
	159	126	134	150
60	199	174	119	100
	41	41	58	173
	187	193	181	167
	151	162	182	192
65	175	129	60	88
	47	37	50	172
	184	179	153	158
	172	163	207	205
60	188	127	63	56
	43	42	55	156
	191	196	159	167
	195	178	203	214
65	201	143	101	69
	38	44	52	154
	163	175	165	207
	211	197	201	201
60	199	138	79	76
	67	51	53	144
	150	143	162	215
	212	211	209	197
65	198	133	71	69
	77	63	53	140
	151	150	185	215
	214	210	210	211
60	209	135	80	45
	69	66	60	135
	143	151	179	213
	216	214	191	201
65	205	138	61	59
	61	77	63	135
	143	151	179	213
	216	214	191	201

الشكل (٢-١) يوضح تركيب الصورة الرقمية لكوكب الزهرة [٣]

Color Images

١-٣-٣ الصور الملونة

الصور الملونة هي عبارة عن موديل من ثلاث حزم مجتمعة لتكوين صورة واحدة إذ إن كل حزمة تمثل لوناً مختلفاً، وأكثر هذه الصور شيوعاً هي المتمثلة بالأحمر والأخضر والأزرق أو ما يسمى RGB إذ إن كل حزمة عبارة عن نموذج أحادي اللون يستعمل (٨bits/pixel) لغرض تمثيل كل عنصر وعليه فإن الصور الملونة ستكون (٢٤bits/pixel) أي (٨bits) لكل حزمة من الحزم الثلاث أي أن كل لون له (٢٥٦) تدرجاً في الشدة مما يجعل الصورة تماثل الصور الطبيعية من حيث تدرج الألوان المجتمعة فيها [١٠،٢].

Multi Spectral Images

١-٣-٤ الصور متعددة الأطياف

تحتوي الصور متعددة الأطياف على معلومات خارج حدود الإدراك البصري إذ تحتوي على بيانات تجمع بعدة حزم عن طريق الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية ومن أنواعها الصور الملتقطة بوساطة الأقمار الصناعية (Satellite Images) ويتم جمع معلوماتها بعدة حزم تتراوح ما بين (٢-٧) حزم طيفية واحدة إلى ثلاث من هذه الحزم تقع ضمن مديات الطيف المرئي (Visible Spectrum) أما الحزم الأخرى فتقع في المناطق غير المرئية. [٧،٥،٢]

Images Files Formats

١-٤ هياكل ملفات الصور

تخزن بيانات الصور على شكل يلائم استرجاعها و تخزينها في الحاسوب وهناك عدة هياكل لخزن الصور منها على سبيل المثال [١٢،١١]

١- صيغة الملف (PCX) PC Paint Brush File Format

والتي تعد اقرب صيغة لتطبيق الحاسوب الشخصي PC

٢- صيغة الملف (GIF) Graphic Interchange File Format

والتي تستعمل مع الصور المضغوطة وتستعمل في الانترنت.

٣- صيغة الملف (TIFF) Tag Image File Format

وهي صور مضغوطة ذات استعمال واسع في الانترنت.

٤- صيغة الملف (JPEG) Joint Photo Graphic Experts Group

وهي صور مضغوطة ذات استعمال واسع في الانترنت.

٥- صيغة الملف (BMP) Bitmap Paint Brush File Format

والتي تعد قياسية في تطبيقات الويندوز.

BMP Images Format

١-٤-١ الصور ذات هيئة BMP

هي صيغة عامة الأغراض وصممت لتلائم كافة الصور إذ يتم خزن صور هذه الصيغة بسطور مرتبة من الأسفل إلى الأعلى (BOTTON-Up). وتعد من أشهر الأنواع وأهمها ويرجع السبب في ذلك إلى سهولة التعامل مع هذه الملفات زيادة على أنها تمتاز بإمكانية تخزين

الرسوم أو الصور وعرضها في أي نظام عرض وكذلك أنها لا تتضمن أي طريقة لضغط الصور وذات مدى من إجمام الصور (٢٤ bits-١) لكل عنصر صورة [١١, ١٢, ١٣].

يقسم الهيكل الكلي للملف BMP إلى أربعة مكونات رئيسية:

معلومات أولية عن الصورة Header Information، خارطة البتات Bits Map، جدول الألوان Colour Table Block والبيانات الحقيقية Bitmap Data Block.

The Header Information

١-١-٤-١ المعلومات الأولية

يتواجد هيكل مقدمة البتات عند بداية كل ملف (BMP) ويؤمن معلومات حول الصورة مثل هذه المعلومات حجم الملف وعمق خارطة عناصر الصورة وعدد البتات لكل عنصر ويؤشر بداية بيانات عناصر الصورة ويتكون من ٥٤ بايت.

جدول رقم (١-١) هيكل المعلومات الأولية ومعلومات الصورة

Id ^١ , id ^٢	: byte { “BM” identifies bit map }
File size	: ٤ bytes { size of the file }
Res ^١ , res ^٢	: byte { un used reserved fields normally ٠ }
Header size	: ٤ byte { offset to pixel data in row x column format }
Info size	: ٤ bytes { normally should be ٤٠ }
Width	: ٤ bytes { of columns }
Depth	: ٤ bytes { of rows }
Bit planes	: ٢ bytes { of bit planes }
Bit per pels	: ٢ bytes { number of bits per pixel }
Compression	: ٤ bytes { normally ٠, not compressed }
image size	: ٤ bytes { size of the image }
pels per meter(x)	: ٤ bytes { resolution in x direction }
pels per meter(y)	: ٤ bytes { resolution in y direction }
Color used	: ٤ bytes { of color used in image }
Important color	: ٤ bytes { of color that are `important }

١-٤-١-٢ خارطة البتات [١٤,١٦]

Bits Map

هذا الجزء هو قلب كل صورة ذات هيئة BMP ويتضمن حجماً مشابهاً لحجم ملف المقدمة، عرض الصورة وارتفاعها، عدد البتات لكل مستوي (Bits Per Plane) عادة قيمته (١)، عدد البتات لكل عنصر (Bits Per Pixel) والذي يمثل عمق البتات لمستوي الصورة عادة قيمه (١, ٤, ٨ or ٢٤)، صيغة الضغط من حيث هل إن بيانات الصورة قد ضغطت أم لا، حجم بيانات الصورة قدرة التحليل في الاتجاهين x,y ، عدد الألوان المستعملة (عدد الألوان في جدول الألوان المستعملة في الصورة)، عدد الألوان المهمة ويمثل الجدول رقم (١-١) هذين الجزئيين.

Color Table Block (palette)**٣-١-٤-١ جدول الألوان**

ويتبع هذا الجزء ملف المقدمة وهو عبارة عن مصفوفة بهيئة RGB وتتكون من أربعة بايتات احمر، اخضر، ازرق، وجدول الخلط، والتي تصف قيمة منفردة لكل لون إذ إن طول هذا الجدول هو دالة لعدد الألوان التي يمكن إن يحتويها.

Bit Map Data Block**٤-١-٤-١ البيانات الحقيقية**

هذا آخر جزء من هيئة BMP يحتوي على بيانات الصورة وإن قيم هذه البيانات سوف تحتوي على مصفوفة من صفوف عناصر الصورة إذ إن كل صف هو عبارة عن مصفوفة صفوف من العناصر وكل عرض لعنصر الصورة هو عمق البتات للصورة إذ لعمق بت ١ فان كل بايت يمثل ثمانية عناصر و ٤ بتات فان كل بايت يمثل ٢ عنصر و ٨ بتات فان كل بايت يمثل عنصراً واحداً [١٣، ١٢].

Images Enhancement**٥-١ تحسين الصور**

تتضمن عملية التحسين عدة تقنيات منها (تقنيات التنعيم Smoothing Technical، تقنيات شحذ التفاصيل Sharping Technology واكتشاف الحواف Edge Detector يرتبط تأثير تقنية التحسين بنوع المشكلة (Problem Oriented) مثلاً نجد ملائمة تقنية تحسين معينة لصورة القمر الصناعي وعدم ملاءمتها في تحسين الصور الطبية وبالعكس، لذلك عملية تحسين الصور الرقمية تقنية محددة وغير عامة لمعالجة جميع أنواع الصور [٢]. إن عملية التحسين مهمة جداً للصور الرقمية كونها تتعرض للعديد من التشوهات التي تسببها أجهزة التصوير والتحسس مثل المساحات التي ترقم الصور الفوتوغرافية أو الكاميرات الرقمية وغيرها من الأجهزة التي تسبب ضوضاء أو غشاوة للصور. لذلك أصبح من الضروري استعمال تقنيات التحسين لغرض إزالة الغوش Deblurring من الصور الرقمية أو التنعيم مثل إزالة البقع أو التقليل من تباين المستويات الرمادية الموجودة في الصور الرقمية أي أنها معالجة أولية ضرورية لأجل إجراء عمليات تحليل الصور [٩، ٧، ٢].

Images**٦-١ تحليل الصور****Analysis**

عملية تحليل الصورة بطبيعتها هي عملية تقليل بيانات الصورة وذلك لأن الصورة تحتوي على بيانات ضخمة (تصل إلى مئات أو حتى ملايين من البايتات) [٢] وذلك لتحديد المعلومات الضرورية لمعالجة بيانات الصورة.

إن تطبيق عملية تحليل الصور تتم في كل من عملية الرؤية الحاسوبية وعملية المعالجة الصورية ولأن هذه الدراسة ضمن نطاق عملية معالجة الصور فسوف يتم شرح عملية تحليل الصور في هذه العملية [٦، ٢].

في تطبيقات معالجة الصور تستعمل عملية تحليل الصور في المساعدة في تحديد نوع المعالجة المطلوبة والمعاملات (Parameters) المحددة لتلك المعالجة المطلوبة ومثال لذلك^[١]

(١) تحديد دالة الانحلال (Degradation Function) لغرض استعادة الصورة (Image Restoration).

(٢) تحديد خوارزمية التحسين للصورة (Enhancement Algorithm).

(٣) تحديد المعلومات الضرورية لطرائق ضغط الصورة وبشكل مضبوط..

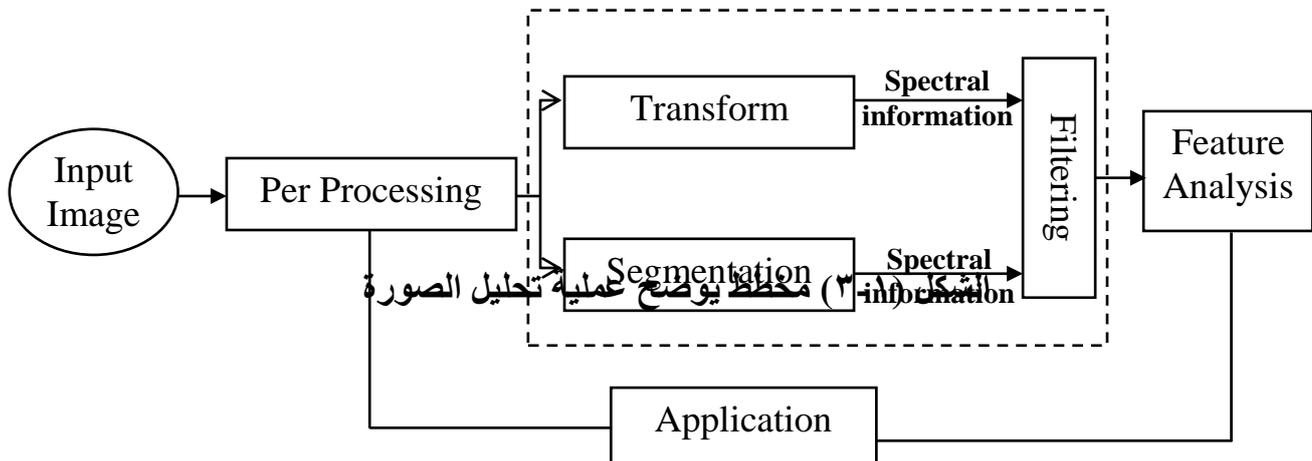
يمكن أن تقسم عملية تحليل الصور إلى ثلاث مراحل ابتدائية^[١,٢]:

(١) **المعالجة الأولية Preprocessing**: وتستعمل لإزالة الضوضاء والصفات غير المرغوبة (المعلومات غير الضرورية). إذ أن الضوضاء هي معلومات غير مرغوب بها ناتجة من عملية التقاط الصورة. الخطوات الأخرى لعملية إعادة المعالجة يمكن أن تتضمن التكميم الحيزي (Spatial Quantization) أو المستويات الرمادية (تقليل عدد البتات لكل عنصر صورة أو حجم الصورة) أو إيجاد المناطق المفيدة للمعالجات الإضافية^[١,٣,٢].

(٢) **تقليل البيانات Data Reduction**: تتضمن أما تقليل البيانات في المجال الحيزي (Spatial Domain) أو تحويلها إلى مجال آخر هو المجال الترددي (Frequency Domain) ومن ثم تستعمل الملامح المستخلصة (Extracting Features) في الخطوة الثالثة.

(٣) **تحليل الملامح Feature Analysis**: تختبر الملامح المستخلصة من عملية تقليل البيانات ويتم تحديد نوع التطبيق المطلوب لها.

بعد عملية إعادة المعالجة يمكن إنجاز التقطيع (Segmentation) في الصورة في المجال الحيزي أو في المجال الترددي وبعد هذه العملية يمكن أن نختار مرشحاً للصورة. تقلل عمليات الترشيح الإضافية هذه البيانات وتسمح باستخلاص الملامح التي تتطلبها التحليلات^[١,٢]. وكما موضح في الشكل (١-٣)^[٢]



The Edge

٧-١ الكشف الحافي

Detection

تستند فكرة اكتشاف الحواف على أن معلومات الحافة في الصورة يمكن إيجادها من خلال علاقة كل عنصر صورة مع عناصر الصورة المحيطة به (علاقة التجاور)، فعندما تكون شدة التدرج الرمادي لعنصر صورة مشابهة لشدة عناصر الصورة المجاورة له فقد يؤدي هذا إلى عدم وجود حافة عند تلك النقطة، والعكس قد يؤدي إلى وجود حافة ويمكن القول أن الحواف ظاهرة قد يكون سببها عدم استمرارية في قيم المستويات الرمادية، أو عندما يكون هنالك جسمان متميزان من خلال اللون أو الشدة فضلاً عن الاختلاف في خصائص شدة الإضاءة في أثناء عملية التقاط الصورة [٢, ٨].

في أي عملية كشف للحافة تقلل الضوضاء بوساطة مؤثر تنعيم (Smoothing Operator) يلتف حول الصورة وبعدها يتم إيجاد عناصر الصورة التي يمكن أن توجد فيها عدم استمرارية في قيم المستويات الرمادية والتي عندها يمكن أن تكون هذه العناصر هي نقاط حافة وبعدها تربط نقاط الحافة مع بعضها بوساطة مؤثر الكشف لتشكيل خطوط ومنحنيات تمثل الحافات في تلك الصورة [٨, ٩].

يمكن تصنيف مؤثرات الكشف الحافي إلى صنفين أساسيين هما: [٢]

١- **مؤثرات كشف الحافة الاتجاهية:** يعدّ كاشف الحافة الاتجاهي أن التغير في الشدة يكون في اتجاه معين مثال لـ (اتجاه عمودي أو أفقي). هذا الصنف من كاشفات الحافة هو نظرياً يحقق كشف للحافة في كل الاتجاهات ويعود بمعلومات حول اتجاه الحافة عند نقطة الحافة.

٢- **مؤثرات كشف الحافة غير الاتجاهية:** تعدّ هذه الكواشف التغير في الشدة غير اتجاهي ولا تعود بمعلومات حول اتجاه الحافة ولكنها تعود بموقع وجود الحافة عند نقطة الحافة.

وقد عرف Canny [١٥, ١٦] ثلاثة معايير لعملية كشف الحافة التي لا تؤثر فيها الضوضاء والتي تحدد بما يأتي:

(١) **الاكتشاف الجيد: (Good Detection):** الكاشف يجب أن يقلل احتمالية وجود الحافات الكاذبة الناتجة من الضوضاء وكذلك عملية فقدان الحافات الحقيقية.

(٢) **التموضع الجيد (Good Location):** كاشف الحافة يجب أن يكون قريباً بشكل ممكن من اكتشاف الحافة الحقيقية.

(٣) **الاستجابة المنفردة للحافة (Response to a Edge Single):** الكاشف يجب أن يقوم بإرجاع نقطة حافة واحدة فقط إلى كل نقطة حافة حقيقية.

ومن خلال هذه المعايير يمكن معرفة الكاشف الأحسن في عملية كشف الحافة في الصور الرقمية.

Literature

٨-١ الدراسات السابقة Survey

تم في عمليات معالجة الصور الرقمية استعمال عدة تقريبات وعمليات رياضية كمؤثرات كشف حافي وتم استعمالها لعدة تطبيقات وفيما يأتي استعراض للدراسات السابقة:

١. قام (Hueckel) في ١٩٧٣^[١٧] باقتراح كاشف الحافة كمثال على موديل الضبط القياسي (The Parametric Fitting). إذ أستعمل التقريب للصورة كنموذج لكشف الحافة يستند على إيجاد المعاملات التي تقلل خطأ التقريب وأن هذه المعاملات هي (تدرج قيم المستويات الرمادية، اتجاه الحافة، الحافة من مركز النافذة إلى الحافة). وتكتشف الحافة إذا كان التقريب صحيح بشكل دقيق وتقاس الدقة بوساطة مربع متوسط الخطأ (Mean Square Error) واستعمل (Hucekel) أول ثمانية معاملات من متسلسلة فوريير القطبية في عملية التقريب وذلك لتقليل العمليات الحاسوبية ودلت النتائج أن مؤثر (Hucekel) يعمل بشكل جيد بوجود الضوضاء.

٢. قام كل من (Marr and Hildreth)^[١٨] في ١٩٨٠ باقتراح استعمال نقطة التقاطع الصفري (Zero-crossing) في المشتقة الثانية لدالة كاوس (Laplacian of Gaussian) باستعمال الحقيقة بان الحافة تتوافق مع التغير المفاجئ والحاد في الصورة. إذ أن المشتقة الأولى للصورة يجب أن تأخذ أعلى قيمة في الموقع الذي يتوافق مع الحافة في الصورة والمشتقة الثانية يجب أن تكون صفراً في الموقع نفسه. وفي المشتقات الأعلى درجة سوف تكون أكثر تحسناً للضوضاء، ولتقليل الضوضاء يجب أن تنعم الصورة.

٣. اقترح (Canny)^[١٥, ١٦] في عام ١٩٨٦ خوارزمية كشف الحواف والتي عرفها لأحسن عملية في الكشف الحافي وحسب المعايير المذكورة في الفقرة (٧-١). وحسب هذه المعايير اقترح Canny خوارزمية جديدة من خلال إعطاء قيم ثابتة عظمى وصغرى للعتبة (T_1 and T_2 علماً أن $T_1 > T_2$) وذلك بعد تطبيق مرشح كاوس لتنعيم الصورة الأصلية والتخلص من الضوضاء التي تحتويها تلك الصورة. واستند Canny في خوارزميته على افتراض أن كل النقاط الصورية التي تكون قيمتها أعلى من قيمة العتبة العظمى T_2 سوف تمثل نقاطاً صورية تعود لحافة، ثم تعاد العملية مرة أخرى وبوصف النقاط الصورية التي تكون قيمتها أعلى من قيمة العتبة الصغرى T_1 أنها نقاط صورية لحافة بشرط أن تكون مجاورة للحواف التي تم كشفها من خلال العتبة العظمى T_2 وعليه فإن كل النقاط الصورية التي تكون قيمتها أقل من قيمة العتبة الصغرى T_1 سوف ترقم (تُعلم) على أنها نقاط صورية لا تنتمي إلى الحافة.

٤. قام (H.Knutsson, H.Malmgren, M.Borga)^[١٩] في عام ١٩٩٣ باستحداث طريقة جديدة لإيجاد الحافات في الصورة حيث تقوم هذه الطريقة بفصل المستويات الرمادية إلى

عدة قنوات وحسب قيمة العنصر المطابق لقيمة القناة وباستعمال الالتفاف المعياري (Normalized Convolution). ويتم اختيار هذه القنوات بحيث أن كل العناصر العائدة للمستوى الرمادي يجب أن تكون في هذه القناة وهذا غير ممكن إلا في الصور الطبية مثل صور الرنين المغناطيسي (MR) (Magnetic Resonance) والتي يكون التوزيع الرمادي فيها واضحاً حيث عند استعمال المخطط التكراري للصورة (Histogram) يكون له عدة قيم متميزة ومن خلال هذه القيم يتم تحديد القنوات المناسبة لكل تدرج رمادي، واستعملت هذه الطريقة في الكشف عن الحافة في الصور الطبية وأظهرت نتائج جيدة ويمكن استعمالها في التقسيم والتصنيف.

٥. قام (H. Bunk , X. Jiang) في عام ١٩٩٨^[٢٠] باستحداث طريقة كشف حافة جديدة ويعتمد على تقنية تقريب خط المسح (Scan Line Approximation) للصورة ولمديات مختلفة. إذ يتم تسجيل هذه الصور باستعمال مساحات ضوئية ذات خصائص مختلفة وتعمل هذه التقنية على تقريب خط المسح لكل صف ولكل عمود ولكل قطر رئيس في الصورة. وهذا يتحقق لمدى واسع من المساحات الضوئية، وفي المرحلة الثانية تجمع نتائج العمليات الأربع لإيجاد الحافات في الصورة. استعملت هذه الطريقة في تقسيم الصورة وأظهرت نتائج جيدة مقارنة بالطرائق المعروفة في تجزئة الصور (Images Segmentation).

٦. استعمل (محمد جاجان)^[٢٥] وآخرون في ٢٠٠٢ طريقة Canny كخوارزمية كشف حافة في الصور الجوية وتم استعمال طريقة المربعات الصغرى (Least Square Method) كطريقة لتحسين الخطوط المكتشفة من خوارزمية Canny لكشف الحافة حيث لاحظ هذا الباحث أن الخطوط المكتشفة كان فيها تعرجات مما يؤدي إلى فقدان المعالم الحقيقية لتلك الخطوط وعليه يتم تحسين أشكال الخطوط المكتشفة من خلال استخدام طريقة المربعات الصغرى لتعيين أفضل خط مستقيم يمثل نقاط هذه الخطوط ومتغيراً باتجاهها العام وحدود مسارها من خلال تقليل الخطأ بين الدالة البسيطة وقيم البيانات وذلك من خلال إيجاد الدالة التقريبية والتي يكون فيها مجموع مربعات قيم الانحرافات للفرق بين الدالة والبيانات الحقيقية هو أقل ما يمكن، كانت النتائج جيدة واستعملت بكفاءة في عملية تجزئة الصور.

٧. درس (Heider Al-Taa'y)^[٢١] وآخرون في ٢٠٠٢ عدة طرائق الكشف الحافي (Sobel, Prewitt, Non Linear Laplace, Laplace, Variance, Kirsch, Robort) كشف الحافات في الصور الحرارية كما استحدثت طريقتين هما استعمال خوارزمية المربعات الصغرى للتقريب الخطي بفرض أن أفضل تقريب للشدة الرمادية للمنطقة المتجانسة هو الدالة الخطية، بينما عدم التطابق مع الدالة الخطية سوف يدل على أن المنطقة حافية. والطريقة الثانية هي استعمال نافذة دائرية في تحديد الحافات في الصور إذ أن النافذة الدائرية لها خواص تناظرية في جميع الاتجاهات حول نقطة مركز النافذة. وأظهرت الطرائق المستعملة أنها قادرة على كشف الحواف في الصور الحرارية وبشكل جيد.

٨. استعمل (Ting-Jen Yen)^[٢٢] في عام ٢٠٠٣ نموذجاً مستنداً على صورة حافة جانبية وحافة متماسكة (Qualitative Edge Profile and Edge Consistency) تم إنتاج

حافة مستمرة من بداية نقطة التقسيم إذ أن الصورة الحافية الجانبية هي "مقطع عرضي محدود لصورة ثنائية الأبعاد على طول خط التقسيم" والحافة المتماسكة تعني أن كل الصور الحافية الجانبية لحافة واحدة يجب أن تكون متماسكة. وتم استعمال دوال تقييم (Evaluation Functions) لعدة أنواع مختلفة من الصور الحافية الجانبية مثل (Step Edges) و (Ramp Edge) وأن هذه الدوال تلبى الحد الأدنى من إنتاج حافات في المواقع التي يمكن الحصول منها على صورة جانبية. وتم استعمال طريقة مثالية لتصفية الحافات الكاذبة من خلال قياس الضوضاء إذ أن عملية الصورة الجانبية لا تعتمد على شرط عتبة اعتباطي وحالما تتمركز نقطة الحافة يمكن أن تمتد لتمثل حافة بوساطة مطابقة الصورة الجانبية المتوافقة.

٩. استعمل (حازم كاطع) وآخرون^[٢٦] في ٢٠٠٤ طريقة المربعات الصغرى لتقريب المنحنيات لإزالة الضوضاء الجمعية من الصور الملونة ويعتمد هذا المرشح على المعدل والخطأ الناتج من التقريب الخطي للنافذة المنزلة إذ يكون في المناطق المتجانسة وذات التفاصيل الثابتة لمركبة الإضاءة يكون معدل القيم داخل النافذة للصورة المشاهدة مساوياً لمعدل قيم داخل النافذة للصورة الحقيقية وغالباً ما تكون القيم في تلك البيانات الصورية ذات علاقة خطية أو شبه خطية وفي حالة الضوضاء يكون هنالك تنذب حول الخط المستقيم وباستعمال التقريب الخطي لتلك القيم تحدث زيادة محددة في الخطأ الناتج من التقريب، وفي المناطق الحافية من الصورة عند استعمال التقريب الخطي يزداد الخطأ زيادة كبيرة إذ لا تكون العلاقة خطية بين قيم مركبة الإضاءة للعناصر المرتبة تصاعدياً أو تنازلياً مع تسلسلاتها وعليه يمكن الاستفادة من هذا الخطأ في إزالة الضوضاء مع الحفاظ على الحافات.

١٠. في عام ٢٠٠٤ قام كل من (X. He, Q. Hu, J. Zhou) [٢٣] باستعمال طريقة جديدة لكشف الحافة تعتمد على الهندسة المعمارية الحلزونية (Spiral Architecture) مع تقنيات المرشحات الثنائية المطورة (Developed Bilateral Filtering). إذ يعتمد في الهندسة المعمارية الحلزونية على مصفوفة الصورة فكل عنصر سداسي (Hexagon) في الهندسة المعمارية الحلزونية له فقط ستة سداسيات مجاورة وهذه الميزة تساعد على تقليل حجم البيانات المحفوظة في الذاكرة وعملية معالجة أسرع للبيانات، وعملية الترشيح الثنائي تقوم جوهريا باستبدال قيمة العنصر المعطى بمعدل قيم الكثافة لشدة العناصر القريبة والمماثلة، واستعملت هذه الطريقة في تقوية الحافات وإزالة الضوضاء.

١-٩ الهدف من الدراسة The Aim of Study

تعد عملية كشف الحافات من التقنيات معالجة الصور الرقمية ذات فائدة كبيرة في العديد من التطبيقات مثل (علم الفلك ، علم الجريمة , السينما , والاتصالات وغيرها).
إلا أن تقنيات الكشف الحافي تحتوي على بعض العيوب مثل توليد حافات كاذبة أو حذف حافات حقيقية والطرائق الكفاءة في الكشف الحافي هي التي تعطي أقل خطأ وذلك ينتج من تقليل الحافات الكاذبة والتقليل من الحافات المحذوفة لذا تم التوجه في هذه الدراسة إلى تطوير واستحداث طرائق جديدة لكشف الحافات والحدود وهذه الطرائق تعتمد بالأساس على خوارزمية تقريب المربعات الصغرى وهي إحدى طرائق التحليل العددي.

٢-١ مؤثرات كشف الحافة

The Edge Detection Operators

عملية كشف الحافة تعني أن المعلومات عن الحافة تؤخذ من الصورة من خلال علاقة عناصر الصورة ومجاورتها من حيث أن عنصر الصورة إذا كان له قيمة تدرج رمادي مشابه للعناصر المجاورة له فهذا يعني أن هذا العنصر لا يمثل عنصر حافة وإذا كان عنصر الصورة له بعض العناصر المجاورة له جيران يختلفون بصورة كبيرة في قيمة التدرج الرمادي فأن احتمالية وجود حافة عند تلك النقطة تكون عالية^[٦,١]. ويمكن أن تعرف الحافة على أنها عدم الاستمرارية في قيم التدرج الرمادي. الحافات هي مواقع في الصورة ذات تباين عالي الشدة وأن عملية تمثيل الصورة بوساطة حافاتها لها عدة فوائد من حيث تخفيض البيانات المهمة بشكل ملحوظ، بينما يتم الاحتفاظ بأغلب معلومات الصورة.^[٩]

عملية كشف الحافة عملية مهمة وكثيرة الاستعمال في معالجة الصور من خلال استعمالها في التمييز عن الحد بين منطقتين في الصورة أو تحديد جدران الخلايا ويعتمد نوع مؤثر كشف الحافة المستعمل على معايير الصورة المطلوب كشف حافاتها من حيث أن الحافات مشخصة من قبل الإنسان أو خاضعة للتمييز من قبل الآلة^[٦, ٢].

مؤثر الكشف الحافي المثالي يكون قادراً على كشف كل أنواع الحافات بغض النظر عن اتجاه الحافة ونوعية الصورة والتي يمكن أن تكون مشوهة بالضوضاء عند اكتساب الصورة ، ومن المتوقع أن مثل هذا الكاشف غير موجود وذلك لأن الضوضاء تمتلك ترددات عالية والحافات كذلك وعليه فالمؤثر الذي يراد منه إزالة الضوضاء سيسبب فقدان حافات الصورة^[١٨,١٥]. يمكن بشكل نظري الكشف عن الحافة بوساطة تطبيق مرشحات مرور للترددات العالية (High Pass frequency filter) في مجال فورير أو بوساطة تطبيق المفهوم الرياضي الذي يدعى بالالتفاف (convolution) إذ يتم استعمال نواة الالتفاف ملائمة (Kernel) في المجال الحيزي عملياً كشف الحافة في المجال الحيزي هو المناسب بسبب أنه أقل كلفة حسابية وكفاءة كشف الحافات فيه عاليه. يمكن أن نفصل عملية كشف الحافة إلى ثلاث مراحل وهذه المراحل هي:^[١٥]

١. **التنعيم (Smoothing):** في هذه المرحلة تزال الضوضاء من الصورة بدون الإضرار بالحافات الحقيقية للصورة بشكل كبير وعملية التنعيم تتم باستعمال مرشحات ذات تمرير واطئ تقوم بترشيح دالة الصورة، وتقوم عملية التنعيم بتقليل الضوضاء من حيث أن الضوضاء تملك ترددات عالية وفي الجانب الآخر الحافات تملك ترددات عالية. وعملية التنعيم هي عملية توازن بين حماية المعلومات وتقليل الضوضاء وعامل التنعيم هو المسيطر على عملية التنعيم.

٢. **تحسين الحافة (Edge Enhancement):** تطبق عملية تحسين الحافة على الصورة لتوليد استجابات محددة (Specific Response) في مواقع الحافة وبما أن الحافة تمتلك ترددات عالية عليه يستعمل مرشح ذو تمرير عالٍ لتموضع الحافة ومثال لهذا المرشح عملية استعمال مؤثرات تفاضلية لدالة الصورة.

٣. **تموضع الحافة (Edge Localization):** عندما تؤخذ المشتقة الأولى لدالة الصورة فإنه من المتوقع أن تكون هنالك قيم محلية عالية وفي المشتقة الثانية نحصل على نقطة التقاطع الصفري (Zero-Crossings) تم استعمال شرط العتبة لتحديد الحافات الفعلية لمناطق التقاطع الصفري.

طورت واستعملت عدة معالجات لغرض كشف الحافات في الصور الرقمية والتي تتضمن عملية الكشف بوساطة الانحدار (The Gradient Module) وتطابق النوافذ (Template Matching) ومؤثرات ضبط كشف الحافة (Edge Fitting Operators) والكاشفات الإحصائية (Statistic Detection) [٩].

عملية الكشف بوساطة الانحدار شائعة عند تمثيل الصور رقمياً على شكل عدد من عناصر الصورة كل منها له قيمة تتعلق بكثافة تدرج المستويات الرمادية للصورة عند تلك النقطة. قيمة الانحدار عند عنصر الصورة تتعلق بالتفاضل ثنائي الأبعاد (Two Dimensional Differential) [٣,١].

والطرائق الأخرى تستعمل طرائق غير خطية إذ أن نموذج تطابق النوافذ يستعمل طريقة تقاطع الارتباط (Across-Correlation) لإيجاد الترابط العالي بين الصورة وعدد من النوافذ (Templates) التي تكشف الحافة في الاتجاهات المختلفة. وفي نموذج ضبط الحافات يتم استعمال الطرائق الرياضية كنموذج حافة الدرجة (step-edge) مع دالة بحث (search function) لإيجاد أفضل نموذج ضبط لكل نقطة في الصورة. أخيراً الكاشفات الإحصائية تستعمل تقنيات إحصائية لتقسيم الصور ويتم الإشارة إلى الحافة التي توجد بين مناطق التقسيم [٩,١٠].

Convolution

٢-٢ الالتفاف

هو عملية رياضية بسيطة أساسية في العديد من عمليات معالجة الصور. الالتفاف يقوم بعملية الضرب ومن ثم أخذ مجموع النواتج لمصفوفتين من الأعداد، هذه المصفوفات لها عدة أحجام مختلفة ولكن بالأبعاد نفسها (Same Dimensionality) لإنتاج مصفوفة ثالثة من الأعداد للبعد نفسه [٢,٤١].

الفصل الثاني الجانب النظري

وفي معالجة الصور إحدى المصفوفات الداخلة هي صورة ذات مستويات رمادية والأخرى عادة هي أصغر بكثير ولها أيضاً بعدان وتسمى هذه المصفوفة بالنواة والشكل (٢-١) يبين مثال صورة ونواة تم استعمالها لتوضيح الالتفاف.

I _{١١}	I _{١٢}	I _{١٣}	I _{١٤}	I _{١٥}	I _{١٦}
I _{٢١}	I _{٢٢}	I _{٢٣}	I _{٢٤}	I _{٢٥}	I _{٢٦}
I _{٣١}	I _{٣٢}	I _{٣٣}	I _{٣٤}	I _{٣٥}	I _{٣٦}
I _{٤١}	I _{٤٢}	I _{٤٣}	I _{٤٤}	I _{٤٥}	I _{٤٦}
I _{٥١}	I _{٥٢}	I _{٥٣}	I _{٥٤}	I _{٥٥}	I _{٥٦}
I _{٦١}	I _{٦٢}	I _{٦٣}	I _{٦٤}	I _{٦٥}	I _{٦٦}

K _{١١}	K _{١٢}	K _{١٣}
K _{٢١}	K _{٢٢}	K _{٢٣}
K _{٣١}	K _{٣٢}	K _{٣٣}

شكل (٢-١) مثال لجزء صورة صغيرة في اليسار ونواة لمرشح في اليمين لتوضيح الالتفاف تؤدي عملية الالتفاف بواسطة تحريك النواة على الصورة وبصورة عامة يبدأ التحريك من الزاوية اليسرى العليا للصورة وعليه تتحرك النواة على كل المواقع في الصورة إذ تضبط النواة مع حدود الصورة.

تكون قيم عناصر الصورة الناتجة من عملية الالتفاف على شكل قيم حاصل ضرب عناصر النواة المطابقة مع عناصر الصورة ومن ثم أخذ المجموع لهذه العناصر المضروبة. ومثال لذلك سنأخذ قيم عناصر الصورة في المثال أعلاه من الزاوية اليسرى العليا وستكون النتيجة كالآتي: [١٤, ٦]

$$O_{22} = I_{11}K_{11} + I_{12}K_{12} + I_{13}K_{13} + I_{21}K_{21} + I_{22}K_{22} + I_{23}K_{23} + I_{31}K_{31} + I_{32}K_{32} + I_{33}K_{33} \dots \quad (٢-١)$$

إذ أن O_{٢٢} هو قيمة عنصر الصورة الناتجة وتوضع هذه القيمة في الموقع المقابل لمركز النواة أي بدلاً من I_{٢٢} وبعدها تتحرك النواة من هذه الزاوية إلى الزاوية اليمنى العليا للصورة وبعدها تأخذ النواة الجهة اليسرى العليا ولكن بفرق صف واحد وتكرر العملية على كل مواقع الصورة علماً أنه من المستحسن أن يكون حجم النواة فردياً أي (3×3)(5×5) [٦, ١] ويمكن تمثيل الالتفاف رياضياً وحسب المعادلة الآتية: [٦, ٨]

$$O_{(x,y)} = \sum_{r=-1}^1 \sum_{c=-1}^1 I(r-x, c-y)M(x, y) \dots \dots \dots (٢-٢)$$

إذ أن M(x,y) هي مصفوفة نواة الالتفاف و I(r,c) هي مصفوفة الصورة.

٣-٢ مؤثرات الكشف الحافي Edge Detector Operators

مؤثرات الكشف الحافي القياسية هي المؤثرات التي استعملها كثير من الباحثين وهي من مؤثرات كشف الحافة المعروفة لدى العاملين في هذا المجال وتستند عملية المعالجة في هذه المؤثرات على عملية الانحدار^[١].

عند تطبيق عملية الانحدار على الدالة المستمرة نحصل على متجه في كل نقطة والتي يعطي اتجاهها اتجاه أكبر تغيير في الدالة عند تلك النقطة والتي قيمتها تعطي قيمة هذا التغيير الكبير. فإذا كان لدينا دالة مستمرة $f(x,y)$ فإن الانحدار عند الإحداثيين (x,y) يعرف على الآتي:
[٢,١]

$$G[f(x,y)] = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (٣-٢)$$

وأن قيمة هذا الانحدار هي

$$\text{mag}[G] = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (٤-٢)$$

أو بالصيغة الآتية:

$$G[f(x,y)] = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \dots\dots\dots (٥-٢)$$

ولأن الصور الرقمية هي دالة منفصلة سنستعمل الفروق بدلاً من المشتقة التي تشتق كل عنصر صورة إذ تقرب المشتقة بوساطة الفروق (Differences) في التدرج الرمادي في بعض المناطق الموضوعية. وعليه فإن التقريب للمعادلة (٥-٢) يعطى بالعلاقة^[١]

$$G[f(x,y)] \cong \sqrt{[f(x,y) - f(x+1,y)]^2 + [f(x,y) - f(x,y+1)]^2} \quad \dots\dots\dots (٦-٢)$$

ويمكن الحصول على نتائج مشابهة باستعمال القيمة المطلقة وعلى الآتي:

$$G[f(x,y)] \cong |f(x,y) - f(x+1,y)| + |f(x,y) - f(x,y+1)| \quad \dots\dots\dots (٧-٢)$$

نلاحظ في التقريب السابق أن التدرج يتناسب مع الفرق بين التدرج الرمادي بين عناصر الصورة المتجاورة وعليه فإنه يأخذ قيمة عالية من أجل الحواف في الصورة وقيماً صغيرة نسبياً في المناطق المتجانسة ولا يأخذ قيمة الصفر إلا في المناطق التي لها تدرج رمادي ثابت^[١٨, ٢]. وللحصول على صورة الانحدار $g(x,y)$ فإن أبسط أسلوب هو أن نجعل قيمة g عند الإحداثيين (x,y) تساوي انحدار f عند تلك النقطة وعلى الآتي^[٩, ١]:

$$g(x,y) = G[f(x,y)] \quad \dots\dots\dots (٨-٢)$$

ويلاحظ هنا أن جميع المناطق المتجانسة في $f(x,y)$ تظهر معتمدة في $g(x,y)$ بسبب قيم الانحدار الصغيرة نسبياً في هذه المناطق. إن حل هذه المسألة يكون باستعمال شرط العتبة وعلى الآتي: [٢,١]

$$g(x,y) = \begin{cases} G[f(x,y)] & \text{if } G[f(x,y)] \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (٩-٢)$$

إذ أن T عتبة غير سالبة وباختيار T بشكل دقيق يمكن الحصول على الحواف بدون إتلاف خواص الخلفيات المتجانسة.

يمكن أن يحسب الانحدار الرقمي بوساطة عملية الالتفاف كما في الفقرة (٢-٢) باستعمال نافذتين متحركتين مع الصورة واحدة للإحداثي x تدعى g_x والأخرى g_y للإحداثي y [٢]. وهناك عدة أنواع من مؤثرات الانحدار التي تم استعمالها في هذه الدراسة وهي على الآتي:

١-٣-٢ مؤثر روبرت Robort Operator

مؤثر روبرت يُعلم نقاط الحافة فقط ولا يعود بأي معلومات حول توجيه الحافة (Edge Orientations)، وهو أبسط أنواع مؤثرات كشف الحافة وذلك من خلال النظر إلى نوى الالتفاف الخاصة به إذ تحتوي على زوجين من نوى الالتفاف إذ النواة الأولى تشبه الثانية ولكن بدوران قدرة ٩٠°. وكما في الشكل (٢-٢) [٢,٢]

٠	١
-١	٠

G_y

١	٠
٠	-١

G_x

شكل (٢-٢) يمثل نوى الالتفاف لمؤثر روبرت

إذ نحتاج إلى أربعة عناصر صورة داخله لمعرفة قيم عناصر الصورة الخارجة وهذا يسهل عملية الحساب ويعطي نتائج سريعة مقارنة مع المؤثرات الأخرى.

٢-٣-٢ مؤثر سوبل Sobel Operator

يعمل مؤثر سوبل في الاتجاهين الأفقي G_x والاتجاه العمودي G_y ومن ثم يتم توحيد المعلومات من هذين الاتجاهين حسب المعادلة (٢-٣) هذا المؤثر يتكون من زوجين من نوى الالتفاف وكما في الشكل (٢-٣) [٢,١].

-١	-٢	-١
٠	٠	٠
١	٢	١

-١	٠	١
-٢	٠	٢
-١	٠	١

G_y

G_x

شكل (٢-٣) يمثل نوى الالتفاف لمؤثر سوبل

كل نافذة متحركة (mask) تلتف مع الصورة بشكل منفصل ومن ثم توحد النتائج، ولنواة سوبل التفاف كبير وهو أقل حساسية للضوضاء وينتج حواف بصورة جيدة مقارنة بمؤثر روبرت^[٢]

Prewitt Operator

٣-٣-٢ مؤثر برويت

هذا المؤثر مشابه إلى مؤثر سوبل ولكن باختلاف عوامل النواة وكما في الشكل (٤-٢)

٢)

-١	-١	-١
٠	٠	٠
١	١	١

G_y

-١	٠	١
-١	٠	١
-١	٠	١

G_x

شكل (٤-٢) يمثل نوى الالتفاف لمؤثر برويت^[٢]

يمكن تحديد اتجاه الحافة في مؤثر برويت وسوبل من استعمال المعادلة^[٢]:

$$= \tan^{-1} \left(\frac{G_x}{G_y} \right) \text{ اتجاه الحافة} \dots\dots\dots (١٠-٢)$$

Kirsch Operator

٤-٣-٢ مؤثر كرش

يعرف مؤثر كرش بواسطة أخذ نواة التفاف واحدة وتدور حول التوجيهات الثمانية (شمال، شمال شرقي، شمال غربي، غرب، شرق، جنوب شرقي، جنوب غربي، جنوب). وكما واضح في الشكل (٥-٢)^[١,٢,٤].

-٣	-٣	٥
-٣	٠	٥
-٣	-٣	٥

K_1

-٣	٥	٥
-٣	٠	٥
-٣	-٣	-٣

K_2

٥	٥	٥
-٣	٠	-٣
-٣	-٣	-٣

K_3

٥	٥	-٣
٥	٠	-٣
-٣	-٣	-٣

K_4

٥	-٣	-٣
٥	٠	-٣
٥	-٣	-٣

K_5

-٣	-٣	-٣
٥	٠	-٣
٥	٥	-٣

K_6

-٣	-٣	-٣
-٣	٠	-٣
٥	٥	٥

K_7

-٣	-٣	-٣
-٣	٠	٥
-٣	٥	٥

K_8

شكل (٥-٢) نوى الالتفاف لمؤثر كرش^[٢]

الفصل الثاني الجانب النظري

قيمة الحافة لهذا المؤثر تعرف بأنها أعظم قيمة تم الحصول عليها بوساطة عملية الالتفاف لكل نواة مع الصورة، واتجاه الحافة يعرف بوساطة النافذة التي أنتجت أعظم قيمة.

٢-٤ طريقة التربيعات الصغرى الخطية

Liner Least Square Fitting Method

هنالك بيانات يتم الحصول عليها مختبرياً أو ميدانياً في مختلف المجالات العلمية وتكون هنالك حاجة للتعبير عنها بمعادلات من أجل دراستها وتحليلها. أن طريقة المربعات الصغرى هي أنسب طريقة لإيجاد أفضل دالة تناسب البيانات المعطاة ولاستعمال طريقة المربعات لابد من تحديد درجة متعددة الحدود $Y=f(x)$ ثم يتم حساب قيمة y ويسمى الفرق بين هاتين القيمتين بالخطأ. [٢٧، ٢٨]

$$d = y - Y \quad \dots\dots\dots (١١-٢)$$

لنفرض لدينا عدد n من قيم y وهي (y_1, y_2, \dots, y_n) يقابلها عدد n من قيم Y وهي (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) فسيكون لدينا n من الفروقات d وهي (d_1, d_2, \dots, d_n) إذ أن

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= y_1 - Y_1 = y_1 - f(x_1) \\ d_2 &= y_2 - Y_2 = y_2 - f(x_2) \\ &\vdots \\ d_n &= y_n - Y_n = y_n - f(x_n) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (١٢-٢)$$

تهدف طريقة المربعات الصغرى للحصول على أصغر مجموعة للفروقات $\sum_{i=1}^n d_i$ أو أصغر خطأ ممكن وللتخلص من تأثير الإشارة يتم تربيع الفروق وعلى ما يأتي:-

$$\sum_{i=1}^n (d_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2 \quad \dots\dots\dots (١٣-٢)$$

ومن هذه المعادلة يتم حساب معاملات أنسب دالة حسب الدرجة المختارة. أما إذا كانت درجة الدالة للبيانات غير معروفة، فيتم اختبار الفروق فإذا كانت كبيرة تكرر العملية باختيار رتبة أعلى وهكذا حتى نصل إلى أنسب رتبة وأحسن دالة تناسب البيانات. فإذا كانت العلاقة بين قيم (x, y) شبه خطية نتيجة لوجود بعض القيم غير الدقيقة فيمكن جعلها علاقة خطية باستعمال التقريب الخطي، فإذا عرفنا الدالة الآتية: [٢٩، ٣٠]

$$Y_i = a + bx_i \quad \dots\dots\dots (١٤-٢)$$

بالنسبة إلى فروق المحور (y) بين القيم المعطاة y_i والقيم التقريبية Y_i

$$d_i = y_i - Y_i \quad \dots\dots\dots (٢-١٥)$$

وبتعويض قيم Y_i من معادلة الخط المستقيم تكون هذه الفروق

$$d_i = y_i - a - bx_i \quad \dots\dots\dots (١٦-٢)$$

للتخلص من الإشارة السالبة يتم تربيع قيمة d_i وجمع هذه الفروق نحصل

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i - (a + bx_i))^2 \quad \dots\dots\dots (١٧-٢)$$

وبتبسيط هذه المعادلة نحصل على

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i^2 - 2y_i(a + bx_i) + (a + bx_i)^2)$$

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i^2 - 2y_i bx_i + a^2 + 2abx_i + b^2 x_i^2 - 2ay_i) \quad \dots\dots\dots (١٨-٢)$$

الفصل الثاني الجانب النظري ٣٠

وللحصول على أقل قيمة للخطأ نفاضل E بالنسبة إلى a, b ونساوي المشتقات بالصفر وكما يلي:

$$\frac{dE}{db} = 0 = \sum_{i=1}^n 2(y_i - a - bx_i)(-1) \quad \dots\dots\dots (١٩-٢)$$

$$\frac{dE}{da} = 0 = \sum_{i=1}^n 2(y_i - a - bx_i)(-1) \quad \dots\dots\dots (٢٠-٢)$$

بتقسيم كلتا المعادلتين على (-٢) وفتح المجاميع نحصل على

$$b \sum_{i=1}^n x_i^2 + a \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \quad \dots\dots\dots (٢١-٢)$$

$$b \sum_{i=1}^n x_i + an = \sum_{i=1}^n y_i \quad \dots\dots\dots (٢٢-٢)$$

وللحصول على معادلة الخط المستقيم $(٢٤-٢)$ يجب إيجاد الثوابت a, b التي تحسب من المعادلات الآتية:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad \dots\dots\dots (٢٣-٢)$$

$$a = \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i) \quad \dots\dots\dots (٢٤-٢)$$

إذ تمثل a نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور (y) وتمثل b مقدار الميل لهذا المستقيم، أما بالنسبة للدوال غير الخطية يمكن حلها باستعمال الأسلوب نفسه الذي اتبع في حل الدوال الخطية^[٣٠].

٣-١ المقدمة:

تم في هذه الدراسة اقتراح وتطبيق عدة طرائق للكشف الحافي تعتمد بصورة رئيسة على خوارزمية المربعات الصغرى لتقريب المنحنيات (Algorithm of least square curve fitting) إذ يتم إيجاد الدالة التقريبية التي يكون فيها مجموع مربعات قيم الانحرافات للفرق بين الدالة والبيانات الحقيقية هو أقل ما يمكن، ويعرف هذا الأسلوب بطريقة المربعات الصغرى (Least square method) [٢٧].

وفيما يأتي استعراض لهذه الطرائق:

٣-٢ استعمال التقريب الخطي في الكشف الحافي

Using Linear Fitting in Edge Detection

إذا أردنا أن نفرز المناطق المتجانسة في الصورة من المناطق غير المتجانسة فيها فيمكن ذلك من خلال استعمال نافذة منزلة صغيرة يتم تحريكها على مستوى الصورة و نقوم بترتيب عناصر هذه النافذة على شكل أزواج مرتبة $(x, y(x))$ إذ يمثل x الموقع أو التسلسل (index) لقيم المستويات الرمادية $y(x)$ إذ أن $(x = 1, 2, 3, \dots, n)$ و n هو العدد الكلي للنقاط في النافذة المنزلة وقيم $y(x)$ تكون مرتبة تصاعدياً أو تنازلياً.

نفرض أن العلاقة بين النقاط $(x, y(x))$ في المنطقة المتجانسة مقارنة للعلاقة الخطية وعليه أحسن خط مستقيم مناسب لهذه البيانات يمكن تحديده باستعمال خوارزمية المربعات الصغرى لتقريب البيانات إلى خط مستقيم ويعطى بالمعادلة

$$Y = a + bx \quad \dots\dots\dots (١-٣)$$

إذ a, b ثوابت يجب إيجادها وتستعمل الخطوات الآتية لاستنتاج القيم a, b :

١. نحسب مجموع كل من

$$\sum_{x=1}^n x, \dots, \sum_{x=1}^n y(x), \dots, \sum_{x=1}^n x^2, \dots, \sum_{x=1}^n x \cdot y(x) \quad \dots\dots\dots (٢-٣)$$

٢. من طريقة المربعات الصغرى للتقريب الخطي الفقرة (٢-٤) المشار لها في الفصل

السابق، وباستعمال المعادلتين (٢-٢١) و (٢-٢٢) يمكن الحصول على الثوابت a و b

وكما في المعادلتين (٢-٢٣) و (٢-٢٤).

٣. قيمة الخط الأمثل للبيانات المنسقة يمكن استنتاجه من المعادلة (٣-١) بعد معرفة قيم $a,$

b :

تم في هذه الدراسة اقتراح وتطبيق أكثر من أسلوب وطريقة لتقريب عناصر الصورة الموضوعية لغرض استثمارها في عملية الكشف الحافي إذ تعتمد كل الطرائق على صيغ المعادلات أعلاه وهذه الطرائق هي:

١. الطريقة المعتمدة على إيجاد الخطأ المطلق (er) Absolute Error:

إذ يتم ترتيب قيم عناصر الصورة في النافذة المنزقة بشكل تصاعدي ومن ثم إيجاد قيم كل من a و b حسب المعادلتين (٣-٥)، (٣-٦) على التوالي. ومن ثم نستنتج معادلة الخط الأمثل لبيانات الصورة الموضوعية المحددة بالنافذة المنزقة من المعادلة (٣-١). ثم نحسب الخطأ بين قيم المستويات الرمادية $y(x)$ وقيم الخط المستقيم المخمن $Y(x)$ من خلال المعادلة التالية [٢٨،٢٧]

$$er = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n |y(x) - Y(x)| \quad \dots\dots\dots (٣-٣)$$

فعندما يكون الخطأ المطلق er صغيراً فهذا يعني أن منطقة النافذة متجانسة أما عندما يكون er كبيراً فهذا يعني بأن منطقة النافذة تحتوي على أكثر من منطقة أي غير متجانسة لذا يمكن تحديد الحافة هنا.

ويمكن استغلال هذه القيمة العددية لمقدار الخطأ في تحديد الحافات في الصور الرقمية وذلك من خلال مقارنتها مع عتبة (th) محددة، فإذا كان الخطأ المطلق (er) أكبر من قيمة العتبة فإن نقطة النافذة المركزية تمثل نقطة حافة، وإلا فإنها ليست حافة، وهذه الطريقة موضحة في الخوارزمية الآتية:

بداية الخوارزمية

- ١) تحديد ابعاد مصفوفة الصورة $Img(Ih, Iw)$ ومصفوفة الحافات $edg(Ih, Iw)$ بحجم $(Ih * Iw)$ إذ أن Iw عرض الصورة و Ih ارتفاع الصورة.
 - ٢) ندخل مصفوفة الصورة $() Img$.
 - ٣) ندخل حجم النافذة المنزقة $(B * B)$ يجب أن يكون عدد صحيح فردي أكبر من واحد.
 - ٤) ندخل قيمة العتبة th لتحديد الحافات.
 - ٥) نطبق النافذة على مستوي الصورة، ثم نحدد عناصر الصورة الموقعية في النافذة المنزقة في كل موقع (x, y) في الصورة $() Img$.
 - ٦) نرتب عناصر النافذة المنزقة تصاعدياً وبهذا نحصل على بيانات بشكل قيمة $y(x)$ إذ أن $(x=1, 2, 3, \dots, n)$ و $n = (B * B)$.
 - ٧) نحسب قيم المعاملات a و b من المعادلتين (٢٣-٢) و (٢٤-٢) ثم نجد قيمة الخط المستقيم $Y(x)$ لتمثيل البيانات $[x, y(x)]$ وذلك من المعادلة (٣-١).
 - ٨) نحسب الخطأ المطلق (er) بين قيم البيانات $y(x)$ وقيم الخط المستقيم المخمن $Y(x)$ وذلك من المعادلة (٣-٧).
 - ٩) نختبر النقطة (x, y) فيما إذا كانت حافة أم لا وذلك من تطبيق شرط العتبة الآتي
 - * إذا كان الخطأ المطلق (er) أكبر من العتبة (th) فإن العنصر $[x, y]$ يمثل حافة $edg(x, y) = 1$ وإلا فإنه منطقة متجانسة $edg(x, y) = 0$.
 - ١٠) المصفوفة الخارجة مصفوفة الحافات $edg(x, y)$.
- نهاية الخوارزمية.

شكل (١-٣) خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على إيجاد الخطأ المطلق er

٢. الخوارزمية المعتمدة على مسح موضعي للصورة بأربعة اتجاهات:

تعتمد هذه الخوارزمية على مسح الصورة باستعمال نافذة منزلة بالاتجاهات الأربعة للصورة وهي الاتجاهات الآتية: (العمودي، الأفقي، قطري النافذة الرئيسين).

إذا كان لدينا صورة رقمية بحجم (3×3) فإن دالة الصورة لها $f(x,y)$ يمكن تمثيلها على شكل مصفوفة وكما موضح في المعادلة^[١].

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} (x-1, y-1) & (x, y) & (x+1, y-1) \\ (x-1, y) & (x, y) & (x+1, y) \\ (x-1, y+1) & (x, y+1) & (x+1, y+1) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (٤-٣)$$

فإذا أخذنا الاتجاهات الأربعة الرئيسة للمصفوفة أعلاه فنحصل على الشكل (٢-٣).

١	٢	٣

(a)

	١	
	٢	
	٣	

(b)

١		
	٢	
		٣

(c)

		١
	٢	
٣		

(d)

شكل رقم (٢-٣) يمثل الاتجاهات الأربعة لنافذة حجمها (3×3)

(a) الاتجاه الأفقي. (b) الاتجاه العمودي. (c) الاتجاه القطري الرئيس الأول (d) الاتجاه القطري الرئيس الثاني

ونختبر العناصر المظللة بالاتجاهات الأربعة أعلاه هل تمثل نقطة حافة أم لا. نلاحظ من المعادلة (٤-٣) إن عنصر الصورة عند الإحداثيين (x,y) له جيران بالاتجاه العمودي على ما يأتي:^[١]

$$(x,y-1), (x,y+1)$$

وجيران بالاتجاه الأفقي على ما يأتي:

$$(x-1,y), (x+1,y)$$

وجيران بالاتجاه القطري الرئيس الأول

$$(x-1,y-1), (x+1,y+1)$$

وجيران بالاتجاه القطري الرئيس الثاني

$$(x-1,y+1), (x+1,y-1)$$

ومن خلال الخطوات السابقة حددنا عناصر كل اتجاه في الصورة بواسطة الاحداثيات (x,y) .

نفرض أن الاحداثي (x) يمثل الموقع، والاحداثي (y) يمثل المستويات الرمادية $y(x)$ إذ أن $(x=1,2,3)$.

بعد الحصول على الأزواج $(x, y(x))$ يمكن حساب قيم كل من a, b من المعادلتين (٢٣-٢) و (٢٤-٢) على التوالي ومن ثم نستنتج معادلة الخط الأمثل لبيانات الصورة الموضوعية المحددة بالاتجاه المأخوذ وحسب المعادلة (٣-١) ومن ثم نحسب الخطأ بين $y(x)$ و $Y(x)$ من خلال المعادلة (٣-٣).

عندما تكون قيمة الخطأ صغيرة فهذا يعني أن المنطقة المحددة بالاتجاه المعين متجانسة أما عندما تكون قيمة الخطأ كبيرة فهذا يعني أن المنطقة المحددة بالاتجاه المعين تحتوي على أكثر من منطقة وأنها غير متجانسة أي يمكن تحديد الحافة في هذه المنطقة. تتم العملية أعلاه لكل اتجاه ونحصل في النهاية على قيمة الخطأ لكل اتجاه يتم المقارنة بين هذه القيم للحصول على أعلى قيمة للخطأ بين $y(x)$ و $Y(x)$.

يقارن هذا الخطأ الكبير مع قيمة العتبة المختارة، فإذا كانت قيمة الخطأ أكبر من قيمة العتبة فإن النقطة المركزية في الاتجاه المعين تمثل حافة وإلا فإنها ليست حافة. وتم استعمال الخوارزمية الآتية للكشف عن الحافة باستعمال هذه الطريقة.

بداية الخوارزمية

- (١) نستدعي الخطوات من (١ إلى ٤) من الخوارزمية في الشكل (٣-١).
 - (٢) نطبق النافذة على مستوي الصورة ويتم ذلك من خلال استعمال أربعة اتجاهات رئيسة للصورة (العمودي، الأفقي، قطري النافذة الرئيسيين) كل على حدة.
 - (٣) نحدد عناصر الصورة الموقعية في النافذة المنزلة في كل موقع (x, y) في الصورة () .Img
 - (٤) نأخذ كل متجه من المتجهات الأربعة $y(x)$ إذ أن $(x=1, 2, 3)$. ثم نحسب قيم المعاملات a و b من خلال المعادلتين (٣-٥) و (٣-٦) ثم نجد قيم الخط المستقيم المخمن $Y(x)$ لتمثيل البيانات $(x, y(x))$ وذلك من المعادلة (٣-١).
 - (٥) نحسب الخطأ المطلق (er) بين قيم البيانات $y(x)$ وقيم الخط المستقيم المخمن $Y(x)$ وذلك من المعادلة (٣-٣) لكل اتجاه.
 - (٦) يتم مقارنة قيم الخطأ المطلق لكل اتجاه مع قيم الخطأ المطلق للاتجاهات الأخرى للحصول على أكبر خطأ مطلق er تم حسابه.
 - (٧) نختبر النقطة (x, y) فيما إذا كانت حافة أم لا وذلك من تطبيق شرط العتبة التالي:
* إذا كان الخطأ المطلق (er) أكبر من العتبة (th) فإن العنصر (x,y) يمثل حافة $edg(x,y)$ وإلا فإنه تابع لمنطقة متجانسة $edg(x,y) = 0$.
 - (٨) المصفوفة الخارجة مصفوفة الحافات $edg(x,y)$.
- نهاية الخوارزمية

شكل (٣-٣) خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على مسح الصورة بأربعة اتجاهات رئيسة.

٣. الخوارزمية المعتمدة على قيمة نقطة التقاطع مع المحور الصادي (a):

تعتمد هذه الخوارزمية على استعمال نافذة منزلة صغيرة على مستوي الصورة وحساب قيم a و b فيها حسب المعادلتين (٢٣-٢)، (٢٤-٢) على التوالي. وذلك يتم من خلال وضع القيم على شكل بيانات منسقة $[x, y(x)]$ بحيث يمكن رسم العلاقة بين قيم x على المحور السيني وقيم المستويات الرمادية المقابلة له $(y(x))$ على المحور الصادي وبعد اجراء عملية التقريب الخطي للبيانات سنحصل على علاقة خطية منها نجد ان نقطة التقاطع مع المحور الصادي هي (a) تتناسب مع معدل قيم هذا المحور (mean) وحسب النسبة

$$\left(R = \frac{a}{\text{mean}} \right)$$

وهي القيمة المؤثرة للكشف الحافي حيث يمكن حساب المعدل من المعادلة الآتية:

$$\text{mean} = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n y(x) \quad \dots\dots\dots (٥-٣)$$

إذ أن النسبة R تقارن مع قيمة عتبة th لغرض تحديد النقاط الحافية وهذه الطريقة أنجزت من استعمال الخوارزمية الآتية:

بداية الخوارزمية

- (١) نستدعي الخطوات من (١ إلى ٥) من خوارزمية في الشكل (٣-١).
- (٢) نضع عناصر النافذة بشكل بيانات متجه $y(x)$ إذ أن $(x = 1, 2, 3, \dots, n)$ إذ أن $n = B * B$.
- (٣) نحسب قيم المعاملات b و a من المعادلتين (٢-٢٣) و (٢-٢٤) ثم نجد قيم الخط المستقيم المضمن $Y(x)$ لتمثيل البيانات $(x, y(x))$ وذلك من المعادلة (١-٣).
- (٤) نجد المعدل لعناصر النافذة المنطبقة على مستوي الصورة من استعمال المعادلة رقم (٩-٣).
- (٥) نحسب نسبة $R = \frac{a}{\text{mean}}$.
- (٦) نختبر النقطة (x, y) فيما إذا كانت حافة أم لا وذلك من تطبيق شرط العتبة التالي:
* إذا كانت النسبة R أكبر من العتبة (th) فإن العنصر (x, y) يمثل حافة $edg(x, y) = 1$ وإلا فإن $edg(x, y) = 0$.
- (٧) المصفوفة الخارجة مصفوفة الحافات $edg(x, y)$.
نهاية الخوارزمية

شكل (٣-٤) خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على قيمة (a)

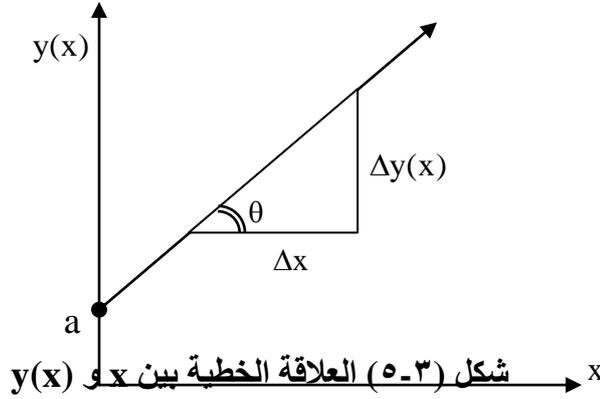
٤. الخوارزمية المعتمدة على قيمة الميل (b)

تعتمد هذه الخوارزمية على إيجاد قيمة الميل (b) للعلاقة الخطية بين x و $y(x)$ ويتم ذلك من خلال حساب الميل (b) من المعادلة التالية:

$$\therefore b = \frac{\Delta y(x)}{\Delta x} \quad \dots\dots\dots (٦-٣)$$

ويمكن توضيح هذه المعادلة من رسم العلاقة الخطية بين x و $y(x)$ وكما في الشكل (٥-٣) فإن قيمة الميل هي ظل الزاوية θ الذي يعطي بالعلاقة:

$$\tan \theta = \frac{\Delta y(x)}{\Delta x} \quad \dots\dots\dots (٧-٣)$$



ومن طريقة المربعات الصغرى الخطية فإن قيمة "a" تمثل نقطة التقاطع مع المحور ($y(x)$) وقيمة (b) تمثل ميل المستقيم [٣٠، ٢٩]. وبعد إيجاد قيمة الميل (b) من المعادلة (٣-٤) يتم مقارنة هذه القيمة مع قيمة العتبة لتحديد النقاط الحافية في الصورة. وهذه التقنية خطواتها موضحة الخوارزمية الآتية:

بداية الخوارزمية

- (١) نستدعي الخطوات من (١ إلى ٦) من الخوارزمية في الشكل (٣-١).
- (٢) نحسب قيم المعامل "b" من المعادلة (٢-٢٣) والذي يمثل قيمة الميل كما في المعادلة (٣-٦).
- (٣) نختبر النقطة (x, y) فيما إذا كانت حافة أم لا وذلك من تطبيق شرط العتبة الآتي:
- * إذا كانت قيمة "b" أكبر من العتبة (th) فإن العنصر (x,y) يمثل حافة $edg(x,y)=1$ وإلا فإن $edg(x,y)=0$.
- (٤) المصفوفة الخارجة مصفوفة الحافات $edg(x,y)$.
- نهاية الخوارزمية.

شكل (٣-٦) خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على المعامل (b)

٣-٣ طريقة التقريب الأسّي للكشف الحافي

Exponential Fitting Method for Edge Detection

فرضنا سابقاً أن مناطق الصورة المتجانسة يمكن تمثيل بياناتها بدالة خطية بعد أن يتم ترتيبها بصورة تصاعديّة أو تنازليّة. إلا أن التوافق الأكثر عملياً هو تقاربها مع الدالة الأسية، أما مناطق الصورة غير المتجانسة فإنها لا تخضع لأي من الدالتين الخطية أو الأسية لذا يمكن فرزها وتحديدتها بسهولة.

ولتطبيق هذه الطريقة نستعمل نافذة صغيرة منزلقة على مستوى صورة ثم نقوم بترتيب عناصرها تصاعدياً أو تنازلياً وترتيبها بشكل أزواج مرتبة $(x, y(x))$ إذ أن x موقع الشدة الرمادية $y(x)$ حسب قيمتها العددية. بعدها نقوم بتقريب هذه البيانات إلى دالة أسية كما في الصيغة الآتية^[٣٠,٢٩]:

$$Y = ae^{bx} \quad \dots\dots\dots (٨-٣)$$

يمكن تبسيط هذه المعادلة وتحويلها للصيغة الخطية المناسبة لتطبيق طريقة المربعات الصغرى وذلك بتطبيق الخطوات الآتية:

١. أخذ اللوغاريتم الطبيعي لطرفي المعادلة (٨-٣) سنحصل على

$$\ln Y = \ln a + bx \quad \dots\dots\dots (٩-٣)$$

٢. نفرض بأن

$$Y_1 = \ln Y \quad \dots\dots\dots (١٠-٣)$$

$$a_1 = \ln a \quad \dots\dots\dots (١١-٣)$$

٣. تعويض المعادلتين (١٠-٣) و(١١-٣) في المعادلة (٩-٣) نحصل على

الفصل الثالث الطرائق المقترحة لكشف الحافة ٤٠

$$Y_1 = a_1 + bx \quad \dots\dots\dots (١٢-٣)$$

٤. نستخرج قيمة (b) و (a₁) للبيانات (x, y₁(x)) من طريقة المربعات الصغرى الخطية [٣٠, ٢٩]

$$b = \frac{n \sum_{x=1}^n x \cdot y_1 - \sum_{x=1}^n x \sum_{x=1}^n y_1(x)}{n \sum_{x=1}^n x^2 - \left(\sum_{x=1}^n x \right)^2} \quad \dots\dots\dots (١٣-٣)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{x=1}^n y_1(x) - b \sum_{x=1}^n x}{n} \quad \dots\dots\dots (١٤-٣)$$

٥. للحصول على قيمة a نستعمل التحويل العكسي الآتي:

$$a = e^{a_1}$$

وهنا يمكن أن نستنتج أفضل معادلة أسية (١٢-٣) لتمثيل بيانات y(x).

بعد الحصول على العلاقة الأسية نحسب الخطأ المطلق (er) بين قيم y(x) و Y(x) من تطبيق المعادلة (٣-٣). وعندما يكون الخطأ المطلق er صغيراً فإن هذه المنطقة هي منطقة متجانسة واحتمالية وجود حافة فيها ستكون قليلة، بينما في المناطق غير المتجانسة (مناطق حافات الصور) فإن قيمة الخطأ المطلق ستكون كبيرة وذلك لأنها تحتوي على نقاط لأكثر من منطقة واحدة.

هذا الفرق بين المناطق المتجانسة وغير المتجانسة في الصورة الرقمية اعتمدها في عملية الكشف الحافي في الصور. إذ يتم مقارنة الخطأ المطلق er مع قيمة عتبة th محددة فإذا كانت قيمة الخطأ أكبر من قيمة العتبة فإن تلك النقطة هي نقطة حافة وإلا فإنها تابعة لمنطقة متجانسة، خطوات هذه الطريقة موضحة بالخوارزمية الآتية:

بداية الخوارزمية

- (١) نستدعي الخطوات من (١ إلى ٦) من الخوارزمية في الشكل (١-٣).
- (٢) نأخذ اللوغاريتم الطبيعي لقيم y(x) للحصول على y₁(x) (أي أن y₁(x) = ln y(x)).
- (٣) نجد قيم المعاملات (b) و (a₁) من المعادلتين (١٣-٣) و (١٤-٣).
- (٤) نأخذ الدالة الأسية لقيم المعامل "a₁" للحصول على قيمة المعامل a (أي أن a = e^{a₁}).
- (٥) نحسب قيم Y(x) الممثلة للبيانات y₁(x) من المعادلة (٨-٣).
- (٦) نحسب الخطأ المطلق (er) بين قيم البيانات y(x) وقيم Y(x) وذلك من المعادلة (٣-٣).
- (٧) نختبر النقطة (x, y) فيما إذا كانت حافة أم لا وذلك من تطبيق شرط العتبة التالي:

* إذا كان الخطأ المطلق er أكبر من العتبة (th) فإن العنصر (x, y) يمثل حافة = 1 edg (x, y)

الفصل الثالث الطرائق المقترحة لكشف الحافى

٤١

وإلا فإن $edg(x,y)=0$.

٨) المصفوفة الخارجة مصفوفة الحافات $edg(x,y)$.
نهاية الخوارزمية.

شكل (٧-٣) خوارزمية توضح الطريقة الأسية لكشف الحافى

٣-٤ استعمال التقريب الكاوسي للكشف الحافي

Using of Gussian Fitting for Edge Detection

بعد أن بينا أن مناطق الصور المتجانسة يمكن تمثيل بياناتها بدالة خطية أو أسية يمكن أن نقوم بتمثيلها بدوال أخرى غير خطية مثل الدوال الكاوسية التي صيغتها العامة كما في العلاقة الآتية:^[١٦]

$$Y = ae^{bx^2} \dots\dots\dots (١٥-٣)$$

يتم ذلك من خلال استعمال نافذة صغيرة منزقة على مستوي الصورة ثم نقوم بترتيب عناصرها تصاعدياً أو تنازلياً وترتيبها بشكل أزواج مرتبة $(x, y(x))$ إذ أن x هو تسلسل لشدة المستوى الرمادي $y(x)$. بعد الحصول على الأزواج المرتبة نقوم بفرز القيم الفردية عن القيم الزوجية.

ويمكن توضيح هذه العملية إذا كان لدينا مصفوفة عددية تمثل صورة رقمية وكما في الشكل (٨-٣).

		Column															
		150				155				160				165			
50		183	183	181	184	177	200	200	189	159	135	94	105	160	174	191	196
		186	195	190	195	191	205	216	206	174	153	112	80	134	157	174	196
55		194	196	198	201	206	209	215	216	199	175	140	77	106	142	170	186
		184	212	200	204	201	202	214	214	214	205	173	102	84	120	134	159
60		202	215	203	179	165	165	199	207	202	208	197	129	73	112	131	146
		203	208	166	159	160	168	166	157	174	211	204	158	69	79	127	143
65		174	149	143	151	156	148	146	123	118	203	208	162	81	58	101	125
		143	137	147	153	150	140	121	133	157	184	203	164	94	56	66	80
70		164	165	159	179	188	159	126	134	150	199	174	119	100	41	41	58
		173	187	193	181	167	151	162	182	192	175	129	60	88	47	37	50
75		172	184	179	153	158	172	163	207	205	188	127	63	56	43	42	55
		156	191	196	159	167	195	178	203	214	201	143	101	69	38	44	52
80		154	163	175	165	207	211	197	201	201	199	138	79	76	67	51	53
		144	150	143	162	215	212	211	209	197	198	133	71	69	77	63	53
85		140	151	150	185	215	214	210	210	211	209	135	80	45	69	66	60
		135	143	151	179	213	216	214	191	201	205	138	61	59	61	77	63

الشكل (٨-٣) يمثل مصفوفة رقمية لجزء من صورة كوكب الزهرة^[١٦]

سنقوم بالخطوات الآتية لتوضيح العملية نختار منطقة غير متجانسة وأخرى متجانسة:

1. نختار نافذة منزقة حجمها (3×3) محددة بمربع صغير غامق على مستوي الصورة ولتكن هذه النافذة في منطقة يوجد تغير واضح في التدرج الرمادي (منطقة غير متجانسة) ونختار حجم النافذة نفسه ولكن لمنطقة متجانسة وكما في الشكل (٤-٣):

١٨٣	١٨٣	١٨١
١٨٦	١٩٥	١٩٠
١٩٤	١٩٦	١٩٨

(ب)

١٢٩	٧٣	١١٢
١٥٨	٦٩	٧٩
١٦٢	٨١	٥٨

(أ)

شكل (٩-٣) يمثل النافذة المنزلة المحددة في مستوي المصفوفة الرقمية

(أ) لمنطقة غير متجانسة (ب) لمنطقة متجانسة

٢. نرتب قيم المستويات الرمادية ترتيباً تصاعدياً وكما في الجدول (٣-١):

(أ) جدول (١-٣) يمثل قيم المستويات الرمادية $y(x)$ وقيم الموقع x المقابل لها لمنطقة غير متجانسة (ب) لمنطقة متجانسة

x	$y(x)$
١	١٨١
٢	١٨٣
٣	١٨٣
٤	١٨٦
٥	١٩٠
٦	١٩٤
٧	١٩٥
٨	١٩٦
٩	١٩٨

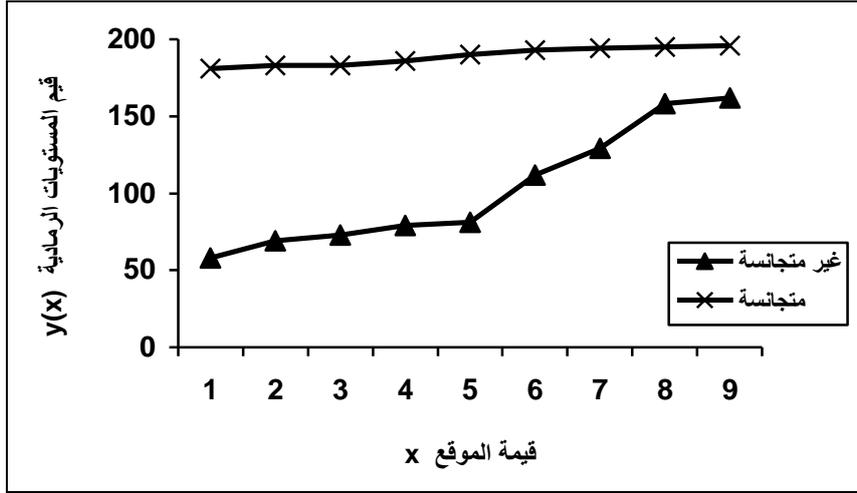
(ب)

x	$y(x)$
١	٥٨
٢	٦٩
٣	٧٣
٤	٧٩
٥	٨١
٦	١١٢
٧	١٢٩
٨	١٥٨
٩	١٦٢

(أ)

٣. نرسم العلاقة بين قيم الموقع x على المحور السيني وقيم المستويات الرمادية $y(x)$ المرتبة

تصاعدياً على المحور الصادي لكلا المنطقتين وكما في الشكل (٣-٥).



شكل (٣-١٠) يمثل العلاقة بين قيم الموقع x وقيم المستويات الرمادية $y(x)$ المرتبة تصاعدياً لمنطقة غير متجانسة ومنطقة متجانسة

٤. نفرز قيم المستويات الرمادية الفردية ونرتبها ترتيباً تصاعدياً. ومن ثم نأخذ القيم الزوجية المتبقية ونرتبها ترتيباً تنازلياً ثم نضع المستويات الزوجية بعد الفردية ونعطيهم تسلسلات جديدة كما في الجدول (٣-٢):

جدول (٣-٢) يمثل قيم المستويات الرمادية المرتبة حسب الفقرة (٤) (أ) لمنطقة غير متجانسة (ب) لمنطقة متجانسة

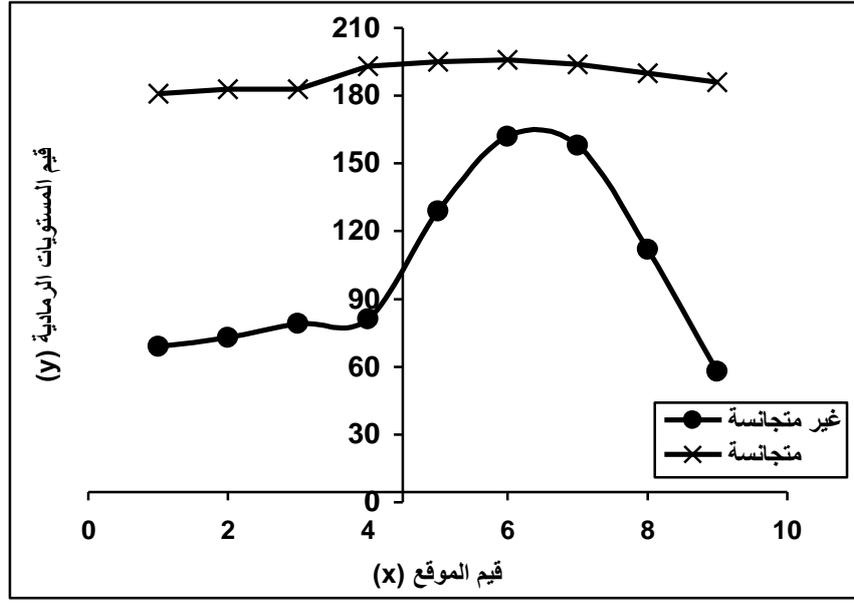
x	y(x)
١	١٨١
٢	١٨٣
٣	١٨٣
٤	١٩٥
٥	١٩٨
٦	١٩٦
٧	١٩٤
٨	١٩٠
٩	١٨٦

(ب)

x	y(x)
١	٦٩
٢	٧٣
٣	٧٩
٤	٨١
٥	١٢٩
٦	١٦٢
٧	١٥٨
٨	١١٢
٩	٥٨

(أ)

٥. نرسم العلاقة بين قيم الموقع x على المحور السيني وقيم المستويات الرمادية $y(x)$ على المحور الصادي لكلا المنطقتين بعد ترحيف قيم الموقع x بمقدار نصف n نحو اليسار إلى اتجاه القيم السالبة لكي يصبح الشكل الكاوسي متناظراً حول الصفر وكما في الشكل (١١-٣):



شكل (١١-٣) يمثل العلاقة الكاوسية المتناظرة بين قيم x وقيم المستويات الرمادية $y(x)$

ومن الشكل (١١-٣) يتضح بأن المنحني يمكن تقريبه إلى الشكل الكاوسي وعلى هذا الأساس سوف نقرب بيانات الصورة الموضوعية بعد ترتيبها كما في الخطوات السابقة إلى الصيغة الكاوسية المعطاة في المعادلة (١٥-٣). وباستعمال طريقة المربعات الصغرى وذلك على ما يلي [٣٠، ٢٩]:

١. أخذ اللوغاريتم الطبيعي لطرفي المعادلة رقم (١٥-٣) نحصل على

$$\ln Y = \ln a + bx^2 \quad \dots\dots\dots (١٦-٣)$$

٢. نفرض بأن

$$Y_1 = \ln Y , \quad a_1 = \ln a , \quad x_1 = x^2 \quad \dots\dots\dots (١٧-٣)$$

٣. يمكن أن نكتب المعادلة (٣-١٦) بصيغة جديدة وعلى الآتي:

$$Y_1 = a_1 - bx_1 \quad \dots\dots\dots (٣-١٨)$$

التي هي علاقة خطية.

٤. نستخرج قيم كل من (a_1, b) للبيانات $(x_1, y_1(x_1))$ من طريقة المربعات الصغرى [٣٢,٢٤]

$$b = \frac{n \sum_{x_1=1}^n x_1 \cdot y_1(x_1) - \sum_{x_1=1}^n x_1 \sum_{x_1=1}^n y_1(x_1)}{n \sum_{x_1=1}^n x_1^2 - \left(\sum_{x_1=1}^n x_1 \right)^2} \quad \dots\dots\dots (٣-١٩)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{x_1=1}^n y_1(x) - b \sum_{x_1=1}^n x_1}{n} \quad \dots\dots\dots (٣-٢٠)$$

٥. للحصول على قيمة a نستعمل التحويل العكسي الآتي:

$$a = e^{a'}$$

وبهذا يمكن استنتاج العلاقة الكاوسية المعطاة في المعادلة (٣-١٩).

بعد الحصول على العلاقة الكاوسية نجد الخطأ المطلق (er) بين قيم $y(x)$ و Y من المعادلة (٣-٣). ويمكن الحصول على الحافات في الصورة الرقمية بوساطة هذه الطريقة من خلال مقارنة الخطأ المطلق er مع قيمة العتبة فعندما يكون الخطأ المطلق كبيراً فإن المنطقة تكون غير متجانسة وتحتوي على نقاط لأكثر من منطقة فاحتمالية وجود حافة ستكون كبيرة وعندما يكون الخطأ المطلق صغيراً فإن المنطقة ستكون متجانسة وخالية من الحافات. خطوات هذه الطريقة موضحة في الخوارزمية الآتية:

بداية الخوارزمية

- (١) نستدعي الخطوات من (١ إلى ٦) من الخوارزمية في الشكل (٣-١).
- (٢) نفرز القيم الفردية للمستويات الرمادية ونرتبها ترتيباً تصادياً والقيم الفردية للمستويات الرمادية المتبقية يتم ترتيبها تنازلياً للحصول على توزيع كاوسي لقيم المستويات الرمادية.
- (٣) نأخذ اللوغاريتم الطبيعي لقيم $y(x)$ ونفرض بأن $x^1 = x^1$ وللحصول على $y_1(x^1)$ أي $[y_1(x^1) = \ln y(x)]$.
- (٤) نستخرج قيم المعادلات (a_1, b) من المعادلتين (٣-١٩) و(٣-٢٠).
- (٥) نأخذ الدالة الأسية لقيم المعامل (a_1) للحصول على قيمة المعامل (a) أي $(a = e^{a_1})$.
- (٦) نحسب قيم $Y(x)$ المتمثل للبيانات $y(x_1)$ من المعادلة (٣-١٥).
- (٧) نحسب الخطأ المطلق (er) بين قيم $Y(x)$ وقيم $y_1(x_1)$ وذلك من المعادلة (٣-٣).
- (٨) نختبر النقطة (x, y) فيما إذا كانت حافة أم لا وذلك من تطبيق شرط العتبة الآتي:
- * إذا الخطأ (er) أكبر من قيمة العتبة (th) فإن العنصر (x, y) يمثل حافة $edg(x, y) = 1$ وإلا فإن $edg(x, y) = 0$.
- (٩) المصفوفة الخارجة مصفوفة الحافات $edg(x, y)$.
- نهاية الخوارزمية.

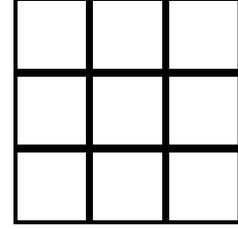
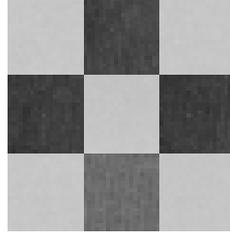
شكل (٣-١٢) خوارزمية توضح العلاقة الكاوسية للكشف عن الحافة

٣-٥ كفاءة الكشف الحافي Efficiency of Edge Detection

استحدث الباحثان Ali A. Al-Zuky and Haidar Al-Taa'y^[٢٤] طريقة للمقارنة بين مؤثرات كشف الحافة في الصورة الرقمية من خلال إدخال عدة قيم للعتبة وحساب الخطأ الكلي Er لعملية الكشف الحافي على صورة قياسية (اصطناعية) معلومة الحافات بهذا يمكن الحصول على أقل خطأ لأفضل قيمة شرط عتبة وعليه يتم المقارنة بين مؤثرات كشف الحافة من خلال قيمة الخطأ الكلي لعملية كشف الحافة^[٢٤].

تم استعمال هذه الطريقة في المقارنة بين طرائق كشف الحافة المقترحة ومؤثرات كشف الحافة القياسية ومعرفة أفضل مؤثر كشف حافة. تتم هذه العملية من خلال أخذ قطع مربعة من مناطق متجانسة مختلفة في الصورة وتجمع هذه القطع المربعة لتشكيل صورة صغيرة جديدة تحتوي على قطع مربعة مختلفة وعليه فإن موقع الحافات بين القطع المربعة يكون معروفاً وسنعتبر أن هذه الحافات هي حافات حقيقية ويوضح الشكل (٣-١٣, a) صورة البيت وقد حددت

البلوكات المتجانسة عليها ويوضح الشكل (b, ٣-١٣) الصورة المولدة من بلوكات متجانسة مستقطعة من صورة البيت والحافات الحقيقية لهذه الصورة في الشكل (c, ٣-١٣).



الشكل (٣-١٣) عملية استقطاع بلوكات متجانسة من الصور

(a) صورة البيت الحقيقية. (b) الصورة المولدة من بلوكات متجانسة مستقطعة من صورة البيت. (c) الحافات الحقيقية

وبعد تطبيق مؤثرات كشف الحافة على هذه الصور الصغيرة المصنعة لكشف الحافات فيها باستعمال قيم عتبة مختلفة، فإن الحافات الناتجة ليست دائماً تمثل الحافات الحقيقية وعليه يمكن تحديد الخطأ بين الحافات الحقيقية والحافات الناتجة من عملية كشف الحافة ويتم حساب الخطأ من خلال المعادلات الآتية [٢٤]:

$$E_r = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M [TE(x,y) - RE(x,y)]^2 \quad \text{Total Error} \quad \dots\dots\dots (٣-٢١)$$

$$E_{r_1} = \frac{1}{EP} \sum_x \sum_y [TE(x,y) - RE(x,y)]^2 \quad \text{Eliminated Edge Error only for edge points} \quad \dots\dots\dots (٣-٢٢)$$

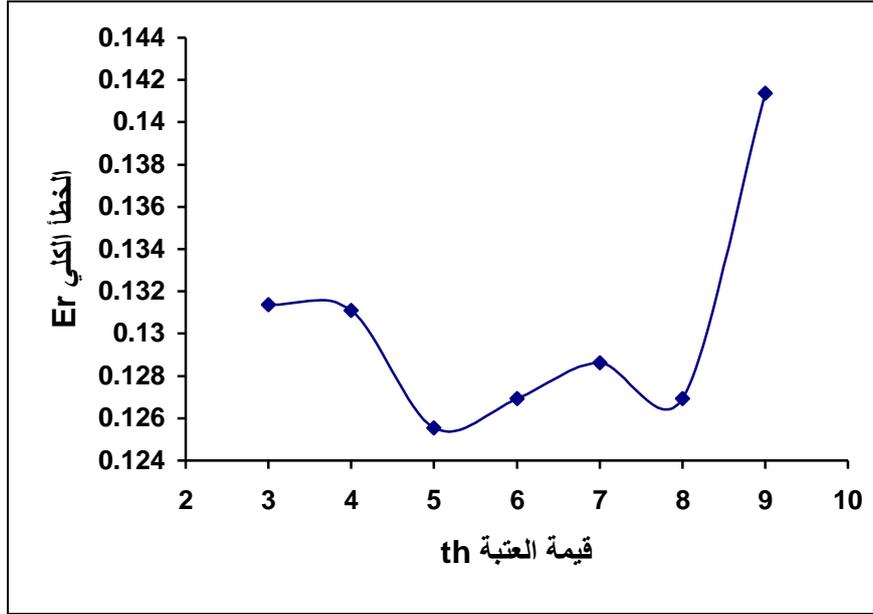
$$E_{r_2} = \frac{1}{HP} \sum_x \sum_y [TE(x,y) - RE(x,y)]^2 \quad \text{False Edges Error only for homogeneous points} \quad \dots\dots\dots (٣-٢٣)$$

إذ أن $TE(x,y)$ و $RE(x,y)$ هي الحافات الحقيقية والحافات الناتجة من عملية الكشف على التوالي، $(N \times M)$ يمثل حجم الصورة المصنعة، EP هو العدد الكلي لنقاط الحافة الحقيقية في الصورة المصنعة و HP العدد الكلي للنقاط في المنطقة المتجانسة في الصورة المصنعة.

وتمثل الكميات (E_r, E_{r_1}, E_{r_2}) معدل مربع الخطأ لكل نقاط مستوي الصورة والخطأ لنقاط الحافة فقط (النقاط المحذوفة) والخطأ لنقاط المنطقة المتجانسة (الحافات الكاذبة) فقط على التوالي. وعليه يمكن تحديد الخطأ في كشف الحافة الذي ينتج من مؤثر كشف الحافة.

وبعد إيجاد أقل خطأ كلي Er من خلال العلاقة بين الخطأ الكلي Er وقيمة العتبة th وكما في الشكل (٣-١٤) إذ يتم تحديد أقل قيمة للخطأ وما يقابلها من قيمة عتبة وتعد هذه العتبة عتبة مثلى في الكشف الحافي.

وكذلك يمكن المقارنة بين مؤثرات كشف الحافة من خلال قيمة الخطأ الكلي Er لكل مؤثر كشف حافة وبهذا يمكن الحصول على أفضل مؤثر كشف حافة لصورة معينة.



شكل (٣-١٤) يوضح العلاقة بين قيمة العتبة والخطأ الكلي لعملية كشف الحافة حسب الطريقة

$$\frac{a}{\text{mean}}$$

٤-١ المقدمة:

يتضمن هذا الفصل النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة من خلال استعمال ثلاث صور ذات تدرج رمادي مختلفة اذ طبقت بعض مؤثرات الكشف الحافي التقليدية (مؤثر سوبل، مؤثر روبرت، مؤثر برويت ، مؤثر كرش) اضافة الى تطبيق الطرائق المقترحة للكشف الحافي عن هذه الصور.

تم استعمال طريقتين للمقارنة بين الطرائق التقليدية والمستحدثة وطريقتي المقارنة هذه هي:-

١. القياسات العيانية (The Subjective Measurement): التي تعتمد على الرؤية الشخصية للصور الناتجة او الحافات وتحديد جودتها وكفاءة كشفها [١,٢].
٢. القياسات الكمية (The Quantities Measurement) والتي تعتمد على حساب مقادير كمية لتقدير مقدار الخطا في عملية الكشف الحافي وتحديد مقدار الحذف في الحافات ومقدار الحافات الكاذبة التي ظهرت وهذه الطريقة تم شرحها في الفقرة (٥-٣).

٤-٢ الصور المعتمدة في الدراسة:

تم اعتماد ثلاث صور في هذه الدراسة ذات تدرج رمادي مختلف وعلى الآتي:

١. صورة لينا (Lenna) وهي صورة حقيقية حجمها (512×512) عنصر صورة ولها توزيع رمادي هو (٨ bit/pixel) بت لكل عنصر صورة. كما في الشكل (٤-١-a).
٢. صورة البيت (House) وهي صورة حقيقية أيضاً حجمها (256×256) عنصر صورة ولها (٢٥٦) تدرج رمادي كما في الشكل (٤-١-b).

٣. صورة الطفل (Baby) وهي صورة حقيقية حجمها (256×256) عنصر صورة ولها تدرج رمادي (٨ bit/pixel) بت لكل عنصر صورة. تمتلك صورة الطفل تدرجاً رمادياً واضحاً أو بكلام آخر تملك حافات واضحة. وهذه الصورة موضحة في الشكل (c-١-٤).

a- صورة لينا b- صورة البيت c-صورة الطفل

الشكل (١-٤) يبين الصور المعتمدة في الدراسة

كما تم توليد ثلاث صور من الصور الاصلية باستقطاع بلوكات باحجام محددة ثم تجميعها لتشكيل صوراً حافات معلومة المواقع وهذه الصور موضحة في الشكل (٢-٤).

a- صورة لينا b-صورة البيت c-صورة الطفل

الشكل (٢-٤) صور معلومة الحافات مولدة من تجميع بلوكات متجانسة مستقطعة من الصور الحقيقية

٣-٤ النتائج ومناقشتها The Result and The Discussion

أولاً: المقارنة بين المؤثرات حسب القياسات الكمية:

١. حجم النافذة: تم أخذ حجمين مختلفين للنافذة المنزلة (3×3) و (5×5) للطرائق المقترحة إذ تم اختبار طريقة المربعات الصغرى للتقريب الخطي لبيانات الصورة الموضوعية فقد تم مسح الصورة بأربعة اتجاهات لكشف الحافات للصورة الحقيقية والصور المعلومة الحافات. وكما موضح في الشكل (٣-٤).

c b
f e

الشكل (٣-٤) حافات الصور الحقيقية والحافات الصور الصغيرة المعلومة الحافات المكتشفة حافات باستخدام طريقة التقريب الخطي لبيانات الصورة الموضوعية التي تم مسحها بأربعة اتجاهات مختلفة

١. الصور الحقيقية المكتشف حافات بواسطة نافذة منزلة حجمها (3×3) (c,b,a) و (5×5) (f,e,d)

٢. الصور معلومة الحافات المكتشفة حافات بواسطة نافذة منزلة حجمها (3×3) (i,h,g) و (5×5) (l,k,j).

كما تم حساب الخطأ الكلي لعملية كشف الحافة وحسب الفقرة (٣-٥) وكما موضح في الجدول التالي (٤-١).

الجدول (٤-١) يوضح الأخطاء المحسوبة للصور الصغيرة ولعنتبات مختلفة حيث قيس الخطأ الكلي Er والخطأ للمناطق المتجانسة (ظهور الحافات الكاذبة) Er^2 والخطأ لمناطق الحافات (الحافات المحذوفة) Er^1 .

- c,b,a الخطأ الكلي عند نافذة حجمها 5×5 . f,e,d الخطأ الكلي عند نافذة حجمها 3×3 .

TH	Er	Er ¹	Er ²
٥	٠.١٢٠٥٥	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١٦٦
١٠	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
١٥	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
٢٠	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
٢٥	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
٣٠	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
٣٥	٠.١٢	٠.٠٢٨٠٥	٠.٠٩١٩٤
٤٠	٠.١٢٠٤٤	٠.٠٦٦٩٤	٠.٠٥٣٥
٤٥	٠.١٢٠٨٣	٠.٠٨٢٥	٠.٠٣٨٣٣

c

TH	Er	Er ¹	Er ²
٥	٠.١٤١١١	٠.٠٠٨٨٨	٠.١٣٢٢٢
١٠	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
١٥	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
٢٠	٠.١١٩١٦	٠.٠١٨٦١	٠.١٠٠٥٥
٢٥	٠.١١٩١٦	٠.٠٣٥٢٧	٠.٠٨٣٨٨
٣٠	٠.١٢١٩٤	٠.٠٧٣٣٣	٠.٠٤٨٦١
٣٥	٠.١٢	٠.١٠٧٧٧	٠.١٢٢٢٢
٤٠	٠.١٢١٣٨	٠.١١٧٢٢	٠.٠٠٤١٦
٤٥	٠.١٢٣٣٣	٠.١٢	٠.٠٠٣٣٣

b

TH	Er	Er ¹	Er ²
٢	٠.١٢٩٤٤	٠.٠٠٨٨٨	٠.١٢٠٥٥
٥	٠.١٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.١١١١١
١٠	٠.١٢٠٢٧	٠.٠١٨٠٥	٠.١٠٢٢٢
١٥	٠.١٢٠٢٧	٠.٠٤١٣٨	٠.٠٧٨٨٨
٢٠	٠.١٢٠٢٧	٠.٠٧٩٤٤	٠.٠٤٠٨٣
٢٥	٠.١٢٠٥٥	٠.٠٨٠٨٣	٠.٠٣٩٧٢
٣٠	٠.١٢١٣٨	٠.٠٨٧٥	٠.٠٣٣٨٨
٣٥	٠.١٢١٦٦	٠.١٠١٣٨	٠.٠٢٠٢٧
٤٠	٠.١٢٤١٦	٠.١٢٠٥٥	٠.٠٠٣٦١

a

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٠.٩	٠.٠٩٢٢٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٨٣٣٣
١	٠.٠٩٢٢٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٨٣٣٣
٢	٠.٠٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
٥	٠.٠٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
١٠	٠.٠٦٧٥	٠.٠١٧٢٢	٠.٠٥٠٢٧
١٥	٠.٠٧٦١١	٠.٠٣٧٥	٠.٠٣٨٦١
٢٠	٠.١٠٣٣٣	٠.٠٨٣٣٣	٠.٠٢
٢٥	٠.١٠٣٨٨	٠.٠٨٣٨٨	٠.٠٢

d

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.٠٨٨٣٣	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٧٩٤٤
١٠	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
١٥	٠.٠٦٦١١	٠.٠٠٩١٦	٠.٠٥٦٩٤
٢٠	٠.٠٦٧٧٧	٠.٠٢٠٥٥	٠.٠٤٧٢٢
٢٥	٠.٠٧٦٩٤	٠.٠٣٦٣٨	٠.٠٤٠٥٥
٣٠	٠.٠٨٥	٠.٠٦٨٠٥	٠.٠١٦٩٤
٣٥	٠.١٢٣٣٣	٠.١٢٢٥	٠.٠٠٠٨٣

e

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.٠٦٨٣٣	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٩٤٤
١٠	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
١٥	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
٢٠	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
٢٥	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
٣٠	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
٣٥	٠.٠٨١٦٦	٠.٠٣٦٣٨	٠.٠٤٥٢٧
٤٠	٠.٠٨٤١٦	٠.٠٤٧٧٧	٠.٠٣٦٣٨
٤٥	٠.١١٠٥٥	٠.١٠٦١١	٠.٠٠٤٤٤

f

تم رسم العلاقة بين قيم الخطأ الكلي وقيم العتبة لعملية كشف الحافة وكما موضح في الشكل (٤-٤).
(٤).

Er

Er

th

th

b

a

Er

Er

th

th

d

c

Er

th

^e الشكل (٤-٤) يبين العلاقة بين قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة ^fth

١. c,b,a لنافذة حجمها 3×3. ٢. f,e,d لنافذة حجمها 5×5.

نستنتج من الشكل (٤-٤) ان قيمة أقل خطأ كلي Er لكل عملية كشف هي كما موضح في الجدولين رقم (٢-٤) و(٣-٤).

جدول (٢-٤) يوضح قيمة أقل خطأ كلي Er لعملية كشف الحافة لنافذة حجمها 3×3

صورة لينا		صورة البيت		صورة الطفل	
Tho	Er	Tho	Er	Tho	Er
٢,٥	٠.٠٦٦٦	١٥	٠.٠٦٦١١	١٠-٣٠	٠.٠٦٦٦٦

جدول (٤-٣) يوضح قيمة أقل خطأ كلي Er لعملية كشف الحافة نافذة حجمها 5×5

صورة لينا		صورة البيت		صورة الطفل	
Tho	Er	Tho	Er	Tho	Er
٥	٠.١٢	٢٠, ٢٥	٠.١١٩١٦	١٠-----٣٥	٠.١٢

نستنتج من الجدولين (٤-٢) و(٤-٣) أن قيمة أكبر خطأ كلي هو عند أخذ نافذة حجمها 5×5 عند الصور الثلاث وهذا واضح في الشكل (٤-٣) إذ نلاحظ أن الحافات سميكة أي أن عملية كشف الحافة في هذه النافذة قد سببت كشف حافات كاذبة بالقرب من الحافات الحقيقية وهذا عكس ما حصل عند استعمال نافذة ذات حجم 3×3 إذ أن الحافات الكاذبة قليلة نوعاً ما وعليه سيتم اعتماد النافذة ذات الحجم 3×3 في القياسات وعمليات كشف الحافة لباقي النتائج.

٢. قيمة شرط العتبة th وحساب الخطأ الكلي Er : من خلال تطبيق الفقرة (٣-٥) والمتعلقة باختيار قيمة العتبة الامثل (Optimal Threshold) (th) لعملية كشف الحافة.

فقد تم استعمال الصور في الشكل (٤-٢) في هذه العملية إذ تم اختبار عدة قيم لشرط العتبة لكل مؤثر كشف حافة ولكل صورة صغيرة معلومة الحافات على حدة وتم حساب الخطأ لهذه العملية من خلال إيجاد الخطأ للحافات المحذوفة Er^1 وللحافات الكاذبة Er^2 ومن ثم إيجاد الخطأ الكلي لعملية كشف الحافة وهذا موضح في الجداول (٤-٤) و(٤-٥) و(٤-٦).

جدول رقم (٤-٤) قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th لعملية كشف الحافة لصورة لينا للمؤثرات والطرائق المستحدثة وهي:

(a) مؤثر سوبل (b) مؤثر برويت (c) مؤثر كرش (d) مؤثر روبرت (e) مؤثر خطي (f) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (g) مؤثر خطي $a/mean$ (h) مؤثر خطي b (i) مؤثر اسي (j) مؤثر كاوسي.

TH	Er	Er ¹	Er ²
٧٥	٠.١١٤٤٤	٠.٠٦٨٦١	٠.٠٤٥٨٣
٨٥	٠.١٠٦٦٦	٠.٠٧٠٥٥	٠.٠٣٦١١
٩٥	٠.١١٠٨٣	٠.٠٨٠٨٣	٠.٠٣
١٠٥	٠.١١٢٧٧	٠.٠٨٩١٦	٠.٠٢٣٦١
١١٥	٠.١٢٢٢٢	٠.١٠١٣٨	٠.٠٢٠٨٣
١٢٥	٠.١٢١٣٨	٠.١٠١٦٦	٠.٠١٩٧٢
١٣٥	٠.١٢١٣٨	٠.١٠١٦٦	٠.٠١٩٧٢
١٤٥	٠.١٢٣٠٥	٠.١٠٣٣٣	٠.٠١٩٧٢
١٥٥	٠.١٢٣٣٣	٠.١٠٥٢٧	٠.٠١٨٠٥

TH	Er	Er ¹	Er ²
٣	٠.١٣٠٥٥	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٦٧٢٢
١٠	٠.١٢٢٥	٠.٠٦٣٨٨	٠.٠٥٨٦١
٢٠	٠.١٢١٩٤	٠.٠٦٤٧٢	٠.٠٥٧٢٢
٣٠	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٧٤٤٤	٠.٠٤٨٣٣
٤٠	٠.١٢٤٧٢	٠.١٠٤٤٤	٠.٠٢٠٢٧
٥٠	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٦٦٦	٠.٠٢
٦٠	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٦٦٦	٠.٠٢
٧٠	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٦٦٦	٠.٠٢
٣	٠.١٣٠٥٥	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٦٧٢٢

TH	Er	Er ¹	Er ²
٥	٠.١٢٦٦٦	٠.٠٦٣٦١	٠.٠٦٣٠٥
١٠	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٦٣٨٨	٠.٠٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٦٤١٦	٠.٠٥٨٦١
٣٠	٠.١٢٣٨٨	٠.٠٦٨٨٨	٠.٠٥٥
٤٠	٠.١٢٣٣٣	٠.٠٧٥	٠.٠٤٨٣٣
٥٠	٠.١٢٥٥٥	٠.٠٩٦٩٤	٠.٠٢٨٦١
٦٠	٠.١٢٥	٠.١٠٥٢٧	٠.٠١٩٧٢
٧٠	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٧٥	٠.٠١٩١٦
٨٠	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٧٧٧	٠.٠١٨٨٨

c

TH	Er	Er ¹	Er ²
٠.٩	٠.٠٩٢٢٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٨٣٣٣
١	٠.٠٩٢٢٢	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٨٣٣٣
٢	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
٥	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
١٠	٠.٠٦٧٥	٠.٠١٧٢٢	٠.٠٥٠٢٧
١٥	٠.٠٧٦١١	٠.٠٣٧٥	٠.٠٣٨٦١
٢٠	٠.١٠٣٣٣	٠.٠٨٣٣٣	٠.٠٢
٢٥	٠.١٠٣٨٨	٠.٠٨٣٨٨	٠.٠٢

b

TH	Er	Er ¹	Er ²
٠.٨	٠.١٢٤١٦	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٦٠٨٣
٠.٩	٠.١٢٢٥	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٩١٦
١	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٢	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٣	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٤	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٠	٠.١٢٣٠٥	٠.٠٦٨٦١	٠.٠٥٤٤٤
١٥	٠.١٢٣١١	٠.٠٨٢٧٧	٠.٠٤٠٣٤
٢٠	٠.١٢٤٧٢	٠.١٠٥	٠.٠١٩٧٢

a

TH	Er	Er ¹	Er ²
١٠	٠.١٨٢٧٧	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٨٣٣
٢٠	٠.١٨٢٧٧	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٨٣٣
٣٠	٠.١٨٢٧٧	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٨٣٣
٤٠	٠.١٨١١	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٦٦٦
٥٠	٠.١٧٤٤٤	٠.١٢٥	٠.٠٤٩٤٤
٦٠	٠.١٧٣٠٥	٠.١٢٥٢٧	٠.٠٤٧٧٧
٧٠	٠.١٥٩٧٢	٠.١٢٦١١	٠.٠٣٣٦١
٨٠	٠.١٤٦٦٦	٠.١٢٦٦٦	٠.٠٢
٩٠	٠.١٤٥٥٥	٠.١٢٦٦٦	٠.٠١٨٨٨
١٠٠	٠.١٤٥٥٥	٠.١٢٦٦٦	٠.٠١٨٨٨

f

TH	Er	Er ¹	Er ²
٠.٩	٠.١٣٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٦٨٨٨
١	٠.١٢٨٨٨	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٦٥٥٥
٢	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٧	٠.١٢	٠.٠٦٩٤٤	٠.٠٥٠٥٥
٩	٠.١١٩٧٢	٠.٠٨٣٦١	٠.٠٣٦١١
١١	٠.١٢٩١٦	٠.٠٩٩٧٢	٠.٠٢٩٤٤
١٣	٠.١٢٥	٠.١٠٥	٠.٠٢
١٧	٠.١٢٧٢٢	٠.١١٧٥	٠.٠٠٩٧٢

e

TH	Er	Er ¹	Er ²
٠.٩	٠.١٤٢٢٢	٠.٠٦٣٠٥	٠.٠٧٩١٦
١	٠.١٣٣٠٥	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٦٩٧٢
٢	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٧	٠.١٢٢٥	٠.٠٦٨٣٣	٠.٠٥٤١٦
٩	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٧٣٦١	٠.٠٤٨٦١
١١	٠.١٢٤١٦	٠.٠٩١٦٦	٠.٠٣٢٥
١٣	٠.١٢٤٤٤	٠.١٠٤٤٤	٠.٠٢
١٥	٠.١٢٤٤٤	٠.١٠٤٤٤	٠.٠٢
١٧	٠.١٢٥	٠.١٠٥	٠.٠٢

d

TH	Er	Er ¹	Er ²
١	٠.١٢٨٣٣	٠.١٢٣٦١	٠.٠٠٤٧٢
٢	٠.١٢٨٣٣	٠.١٢٣٦١	٠.٠٠٤٧٢
٣	٠.١٣٠٨٣	٠.١١٨٨٨	٠.٠١١٩٤
٤	٠.١٣٣٠٥	٠.١١٥	٠.٠١٨٠٥
٥	٠.١٢٥٥٥	٠.١٠٤١٦	٠.٠٢١٣٨
٦	٠.١٢٣٠٥	٠.٠٩٦٩٤	٠.٠٢٦١١
٧	٠.١٢٥	٠.٠٩٠٨٣	٠.٠٣٤١٦
٨	٠.١١٧٥	٠.٠٧٥٨٣	٠.٠٤١٦٦
٩	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٦٤١٦	٠.٠٥٨٦١
٩.٥	٠.١٥٨٠٥	٠.٠٦١٦٦	٠.٠٩٦٣٨

i

TH	Er	Er ¹	Er ²
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٢٠	٠.١١٨٠٥	٠.٠٦٧٢٢	٠.٠٥٠٨٣
٣٠	٠.١٢١٣٨	٠.٠٨٣٨٨	٠.٠٣٧٥
٤٠	٠.١٢٥	٠.١٠٥	٠.٠٢
٥٠	٠.١٢٥	٠.١٠٥٥٥	٠.٠١٩٤٤
٦٠	٠.١٣٢٢٢	٠.١٠٥	٠.٠١٧٢٢

h

g

جدول رقم (٤-٥) قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th لعملية كشف الحافة لصورة البيت الناتجة من استخدام مؤثرات الكشف الحافي والطرائق المستحدثة التالية:

(a) مؤثر سوبل (b) مؤثر برويت (c) مؤثر كرش (d) مؤثر روبرت (e) مؤثر خطي (f) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (g) مؤثر خطي $a/mean$ (h) مؤثر خطي b (i) مؤثر اسي (j) مؤثر كاوسي.

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٨٠	٠.١٠٩٧٢	٠.٠٦٥٨٣	٠.٠٦٩٧٢
٩٠	٠.١٠٩٧٢	٠.٠٦١١	٠.٠٤٣٨٨
١٠٠	٠.١٠٩٧٢	٠.٠٦٦١١	٠.٠٤٣٦١
١١٠	٠.١١٠٥٥	٠.٠٦٦٩٤	٠.٠٤٣٦١
١٢٠	٠.١١٣٣٣	٠.٠٧٠٥٥	٠.٠٤٢٧٧
١٣٠	٠.١١٣٦١	٠.٠٧٤١٦	٠.٠٣٩٤٤
١٤٠	٠.١١٨٨٨	٠.٠٨٠٢٧	٠.٠٣٨٦١
١٥٠	٠.١٢	٠.٠٨٣٣٣	٠.٠٦٦٦
١٦٠	٠.١١٨٣٣	٠.٠٩	٠.٠٢٨٣٣

c

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.١٣٢٥	٠.٠٦٢٧٧	٠.٠٦٩٧٢
١٠	٠.١٢٢٥	٠.٠٦٤٧٢	٠.٠٥٧٧٧
٢٠	٠.١٢٢٥	٠.٠٦٤٧٢	٠.٠٥٧٧٧
٣٠	٠.١٢٤١٦	٠.٠٦٥٨٣	٠.٠٥٨٣٣
٤٠	٠.١٢٣٣٣	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٥٦٦٦
٥٠	٠.١٢٦١١	٠.٠٨٢٥	٠.٠٤٣٦١
٦٠	٠.١٢٥٢٧	٠.٠٨٢٥	٠.٠٤٢٧٧
٧٠	٠.١٢٨٦١	٠.١١٨٨٨	٠.٠٠٩٧٢
٨٠	٠.١٢٨٨٨	٠.١٢٧٧٧	٠.٠٠١١١

b

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١٠	٠.١٢٣٠٥	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٩٧٢
٢٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٣٠	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٦٣٨٨	٠.٠٥٨٨٨
٤٠	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٦٣٨٨	٠.٠٥٨٨٨
٥٠	٠.١٢٣٣٣	٠.٠٦٥	٠.٠٥٨٣٣
٦٠	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٧٣٨٨	٠.٠٤٨٨٨
٧٠	٠.١٢٦١١	٠.٠٨٢٥	٠.٠٤٣٦١
٨٠	٠.١٢٥٥٥	٠.٠٨٢٧٧	٠.٠٤٢٧٧
٩٠	٠.١٢٨٣٣	٠.١٠٥٨٣	٠.٠٢٢٥

a

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.٠٨٨٣٣	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٧٩٤٤
١٠	٠.٠٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٠٥٧٧٧
١٥	٠.٠٦٦١١	٠.٠٠٩١٦	٠.٠٥٦٩٤
٢٠	٠.٠٦٧٧٧	٠.٠٢٠٥٥	٠.٠٤٧٢٢
٢٥	٠.٠٧٦٩٤	٠.٠٣٦٣٨	٠.٠٤٠٥٥
٣٠	٠.٠٨٥	٠.٠٦٨٠٥	٠.٠١٦٩٤
٣٥	٠.١٢٣٣٣	٠.١٢٢٥	٠.٠٠٠٨٣

f

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٢	٠.١٢٨٣٣	٠.٠٦١٩٤	٠.٠٦٦٣٨
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٨٨٨	٠.٠٧٨٣٣	٠.٠٥٠٥٥
٢٥	٠.١٢٥	٠.٠٨١١١	٠.٠٤٣٨٨
٣٠	٠.١٢٨٨٨	٠.١٠٨٣٣	٠.٠٢٠٥٥

e

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١٠	٠.٢٠١٦٦	٠.١١٩١٦	٠.٠٨٢٥
٢٠	٠.١٨٢٧٧	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٨٣٣
٣٠	٠.١٨٢٥	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٨٠٥
٤٠	٠.١٨٢٥	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٨٠٥
٥٠	٠.١٨٢٢٢	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٧٧٧
٦٠	٠.١٨٢٢٢	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٧٧٧
٧٠	٠.١٨٢٢٢	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٧٧٧
٨٠	٠.١٨١١١	٠.١٢٤٤٤	٠.٠٥٦٦٦
٩٠	٠.١٧٥٥٥	٠.١٢٥٢٧	٠.٠٥٠٢٧
١٠٠	٠.١٧	٠.١٢٦١١	٠.٠٤٣٨٨

d

جدول رقم (٤-٦) قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th لعملية كشف الحافة لصورة الطفل الناتجة من استخدام مؤثرات الكشف الحافي والطرائق المستحدثة التالية:

(a) مؤثر سوبل (b) مؤثر برويت (c) مؤثر كرش (d) مؤثر روبرت (e) مؤثر خطي (f) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (g) مؤثر خطي a/mean (h) مؤثر خطي b (i) مؤثر اسي (j) مؤثر كاوسي.

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١٠٠	٠.١٢٣٠٥	٠.٦٥٢٧	٠.٥٧٧٧
١١٠	٠.١٢٣٠٥	٠.٦٥٥٥	٠.٥٧٥
١٢٠	٠.١١٧٥	٠.٦٦١١	٠.٥١٣٨
١٣٠	٠.١٠٩٧٢	٠.٦٦١١	٠.٤٣٦١
١٤٠	٠.١٠٩٧٢	٠.٦٦١١	٠.٤٣٦١
١٥٠	٠.١١	٠.٦٦٣٨	٠.٤٣٦١
١٦٠	٠.١١	٠.٦٦٦٦	٠.٤٣٦١
١٧٠	٠.١١٨٨٨	٠.٦٦٩٤	٠.٥١٩٤
١٨٠	٠.١١٢٧٧	٠.٦٨٨٨	٠.٤٣٨٩
١٩٠	٠.١١٦٣٨	٠.٧٢٧٧	٠.٤٣٦١

c

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.١٢٣٨٨	٠.٦٢٧٧	٠.٦١١١
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٣٠	٠.١٢٣٦١	٠.٦٢٧٧	٠.٦٠٨٣
٤٠	٠.١٢٥٨٣	٠.٦٥٥٥	٠.٦٠٢٧
٥٠	٠.١٢٥٥٥	٠.٦٥٥٥	٠.٦
٦٠	٠.١٢٥٥٥	٠.٦٥٥٥	٠.٦
٧٠	٠.١٢٥٥٥	٠.٦٥٥٥	٠.٦
٨٠	٠.١٢٦١١	٠.٠٨٥	٠.٤١١١

b

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.١٣٢٧٧	٠.٦٢٢٢	٠.٧٠٥٥
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٣٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٤٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٥٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٦١	٠.٥٨٦١
٦٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٦١	٠.٥٨٦١
٧٠	٠.١٢٤٤٤	٠.٦٦٣٨	٠.٥٨٠٥
٨٠	٠.١٢٤٤٤	٠.٦٦٦٦	٠.٥٧٧٧

a

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.٦٨٣٣	٠.٠٠٨٨٨	٠.٥٩٤٤
١٠	٠.٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٥٧٧٧
١٥	٠.٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٥٧٧٧
٢٠	٠.٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٥٧٧٧
٢٥	٠.٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٥٧٧٧
٣٠	٠.٦٦٦٦	٠.٠٠٨٨٨	٠.٥٧٧٧
٣٥	٠.٨١٦٦	٠.٣٦٣٨	٠.٤٥٢٧
٤٠	٠.٨٤١٦	٠.٤٧٧٧	٠.٣٦٣٨
٤٥	٠.١١٠٥٥	٠.١٠٦١١	٠.٠٤٤٤

f

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١	٠.١٤٠٨٣	٠.٦١٩٤	٠.٧٨٨٨
٢	٠.١٢٢٧٧	٠.٦٣٣٣	٠.٥٩٤٤
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
١٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٢٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٦٣٣٣	٠.٥٨٨٨
٣٠	٠.١٢٢٥	٠.٦٣٨٨	٠.٥٨٦١
٣٥	٠.١٢٤١٦	٠.٧٨٠٥	٠.٤٦١

e

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١٠	٠.١٩٣٨٨	٠.١٢٣٣٣	٠.٧٠٥٥
٢٠	٠.١٨٣٠٥	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٨٦١
٣٠	٠.١٨٢٥	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٨٠٥
٤٠	٠.١٨٢٥	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٨٠٥
٥٠	٠.١٨٢٥	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٨٠٥
٦٠	٠.١٨٢٢٢	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٧٧٧
٧٠	٠.١٨٢٢٢	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٧٧٧
٨٠	٠.١٨١٩٤	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٧٥
٩٠	٠.١٨١٦٦	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٧٢٢
١٠٠	٠.١٨١٦٦	٠.١٢٤٤٤	٠.٥٧٢٢

d

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١.٥	٠.١٢٥	٠.٠٦٢٧٧	٠.٠٦٢٢٢
٢.٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٧.٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٢.٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٧.٥	٠.١٢٥	٠.٠٨٩١٦	٠.٠٣٥٨٣
٢٠	٠.١٢٤٤٤٤	٠.٠٩٤٤٤	٠.٠٣
٢٢.٥	٠.١٢٨٣٣	٠.٠٩٨٨٨	٠.٠٢٩٤٤

i

TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١	٠.١٧٩٤٤	٠.٠٦٣٠٥	٠.١٢٠٢٥
٢	٠.١٢٣٠٥	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
١٥	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٢٥	٠.١٢٢٧٧	٠.٠٨٣٦١	٠.٠٣٩١٦
٣٠	٠.١٢٦١١	٠.١١٥٥٥	٠.٠١٠٥٥
٣٥	٠.١٢٨٨٨	٠.١٢٨٨٨	٠

h

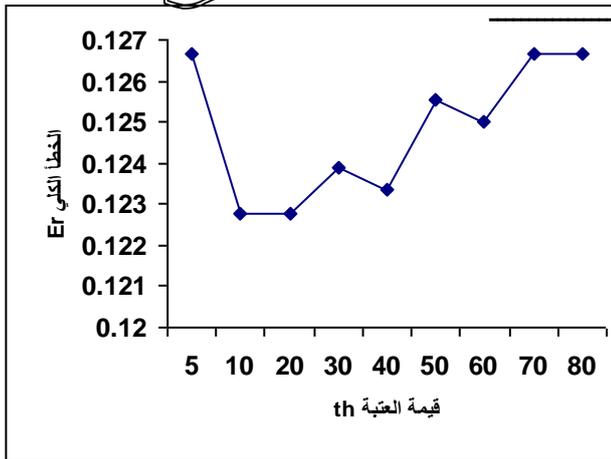
TH	Er	Er ^١	Er ^٢
١	٠.١٢٤٤٤	٠.١١	٠.٠١٤٤٤
٢	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٢٧٧	٠.٠٢٣٨٨
٣	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٢٧٧	٠.٠٢٣٨٨
٤	٠.١٢٦٦٦	٠.١٠٢٧٧	٠.٠٢٣٨٨
٥	٠.١٢١٩٤	٠.٠٩٠٨٣	٠.٠٣١١١
٦	٠.١١٥٥٥	٠.٠٩٠٨٣	٠.٠٣١١١
٧	٠.١٢٦١١	٠.٠٧٨٨٨	٠.٠٤٧٢٢
٨	٠.١٣٠٨٣	٠.٠٦٤٧٢	٠.٠٦٦١١
٩	٠.١٦٥	٠.٠٥٩٤٤	٠.١٠٥٥٥

g

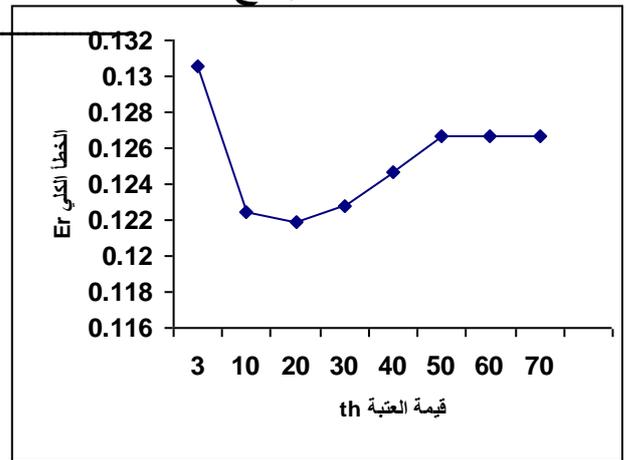
TH	Er	Er ^١	Er ^٢
٥	٠.١٢٢٥	٠.٠٦٣٠٥	٠.٠٥٩٤٤
١٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٢٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٣٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٤٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٥٠	٠.١٢٢٢٢	٠.٠٦٣٣٣	٠.٠٥٨٨٨
٦٠	٠.١٢٦٣٨	٠.٠٦٣٦١	٠.٠٦٢٧٧
٧٠	٠.١٢٦٣٨	٠.٠٧٢٢٢	٠.٠٥٤١٦
٨٠	٠.١٣٤٤٤	٠.١٠٩٧٢	٠.٠٢٤٧٢
٩٠	٠.١٣٥٨٣	٠.١١١٣٨	٠.٠٢٤٤٤

j

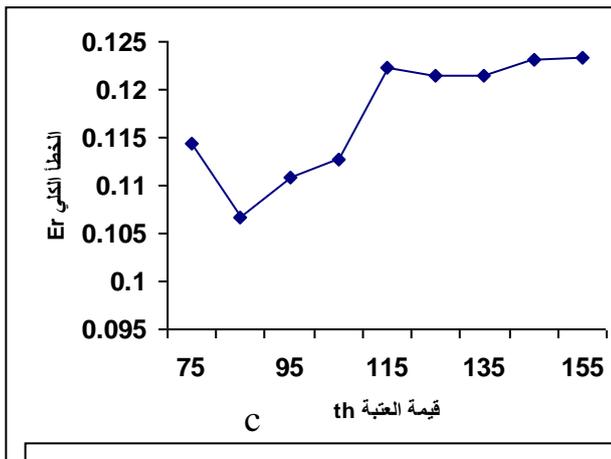
ومن خلال رسم العلاقة بين قيمة الخطأ الكلي Er وقيمة العتبة th نحصل على المنحنيات الموضحة في الشكل (٤-٥) للصورة الصغيرة المولدة من صورة لينا والشكل (٤-٦) للصورة الصغيرة المولدة من صورة البيت والشكل (٤-٧) للصورة الصغيرة المولدة من صورة الطفل.



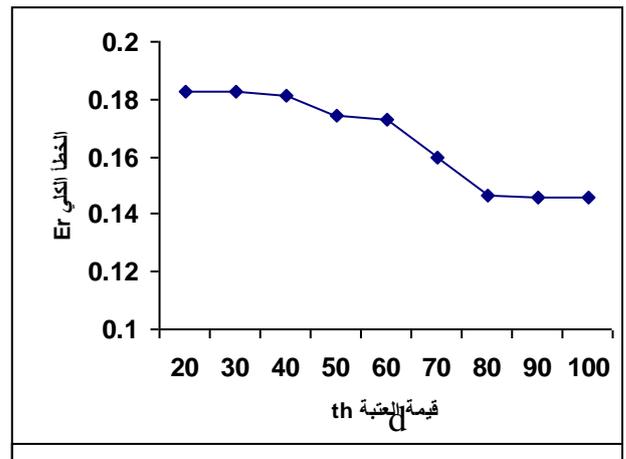
a



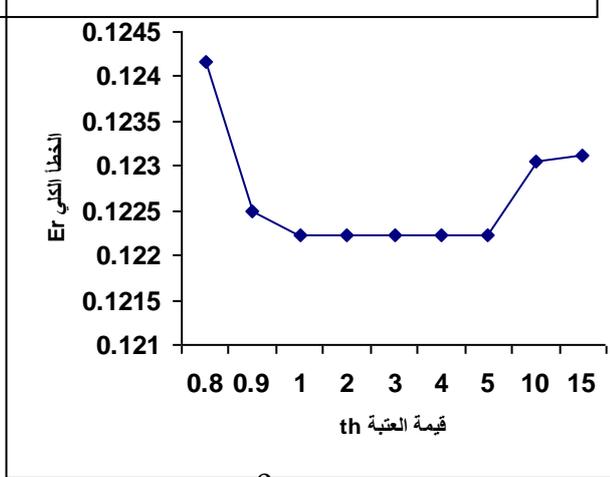
b



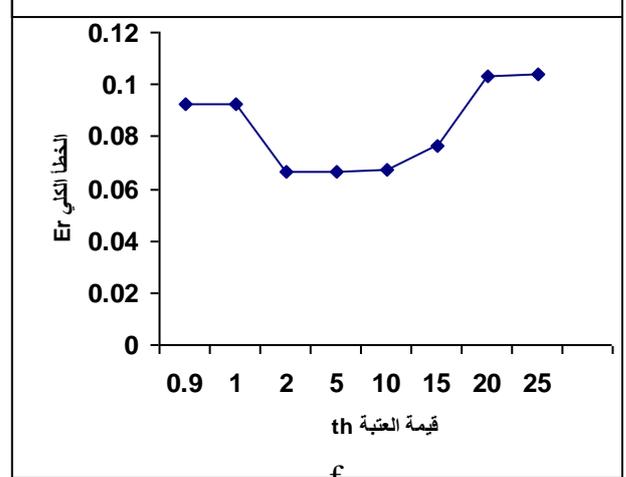
c



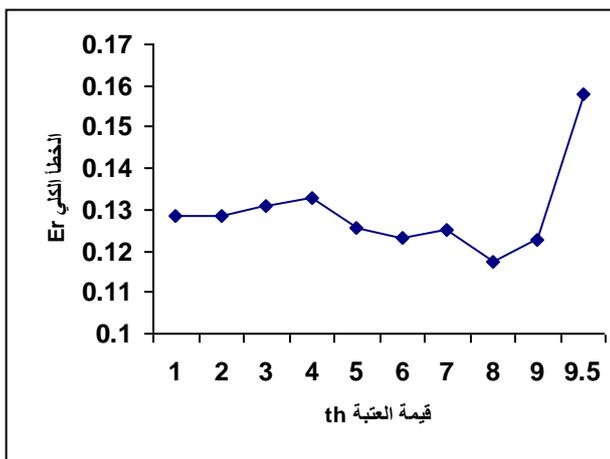
d

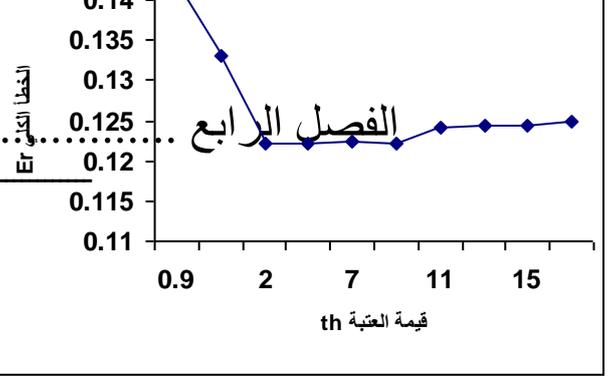


e



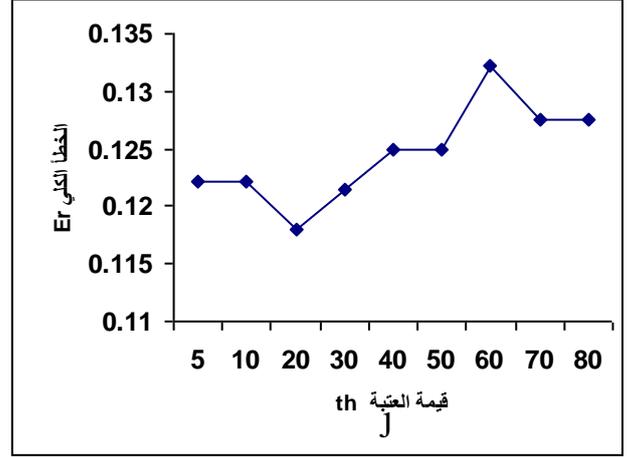
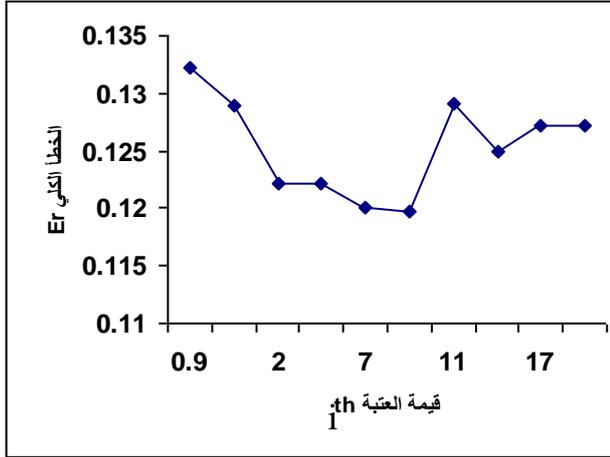
f





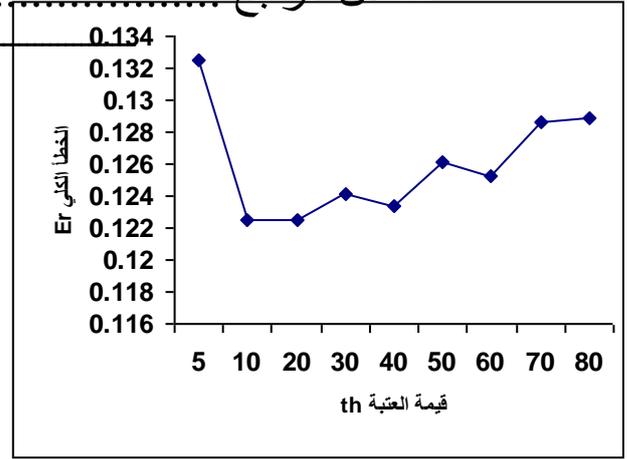
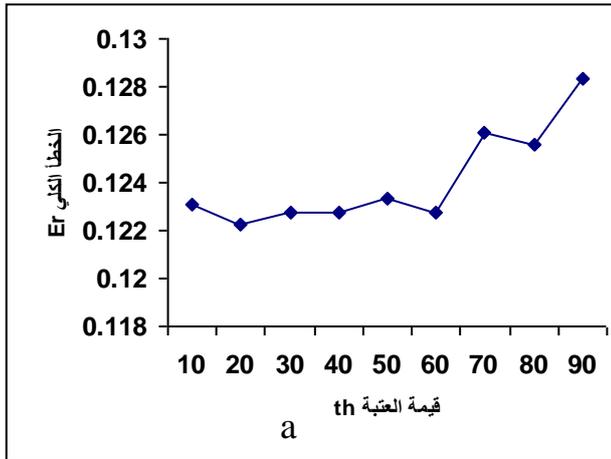
g

h

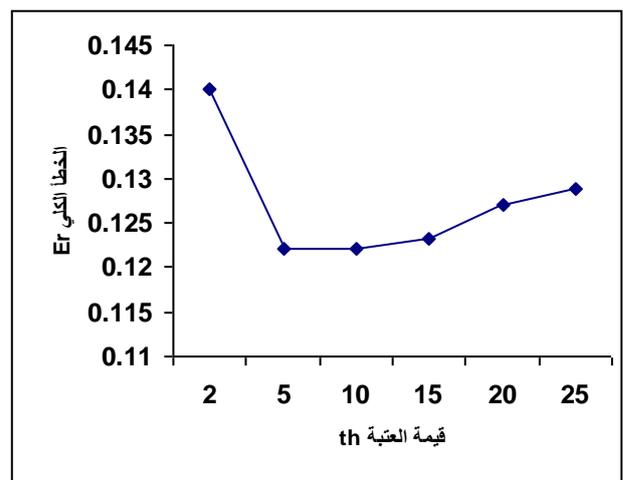
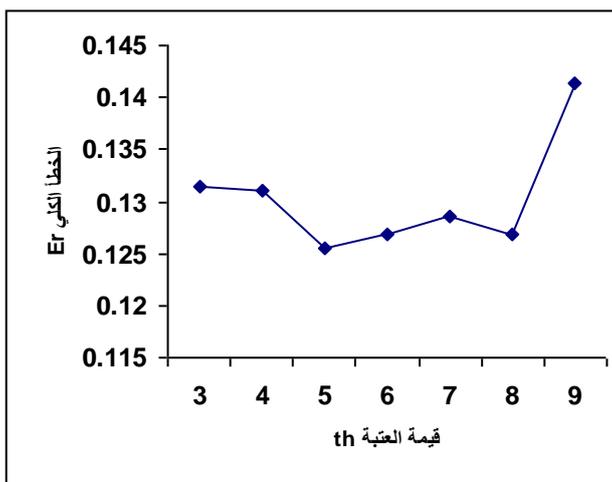
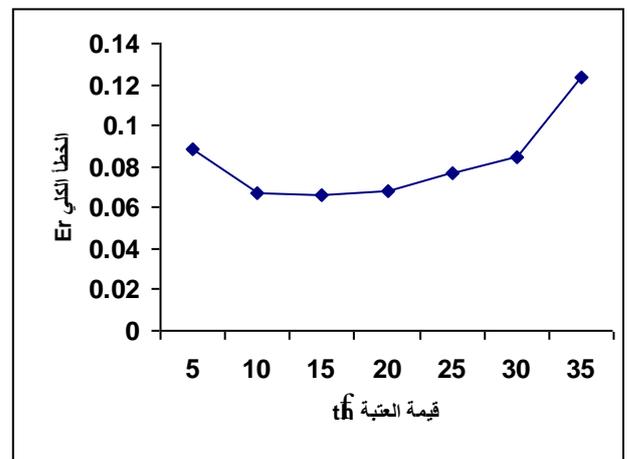
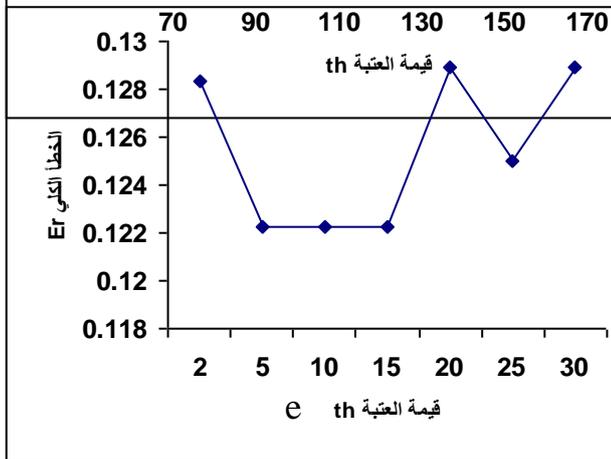
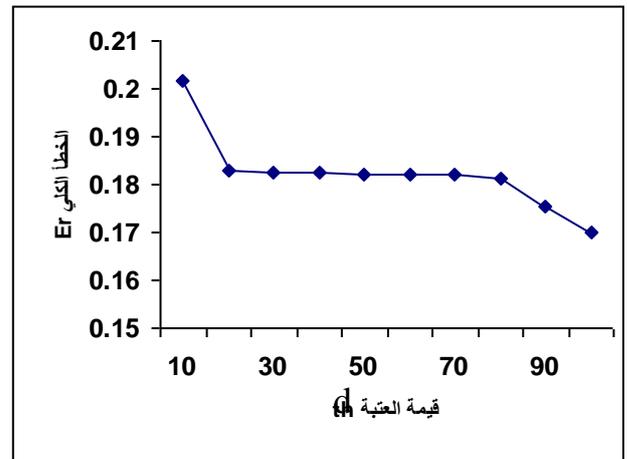
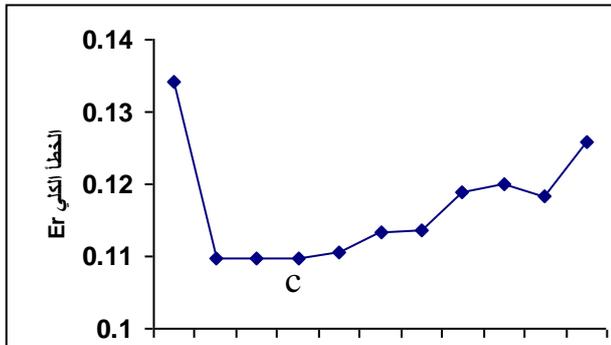


شكل (٤-٥) العلاقة بين قيمة الخطأ الكلي Er وقيمة العتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة لينا.

(a) مؤثر سوبل (b) مؤثر برويت (c) مؤثر كرش (d) مؤثر روبرت (e) مؤثر خطي (f) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (g) مؤثر خطي a/mean (h) مؤثر خطي b (i) مؤثر اسي (j) مؤثر كاوسي

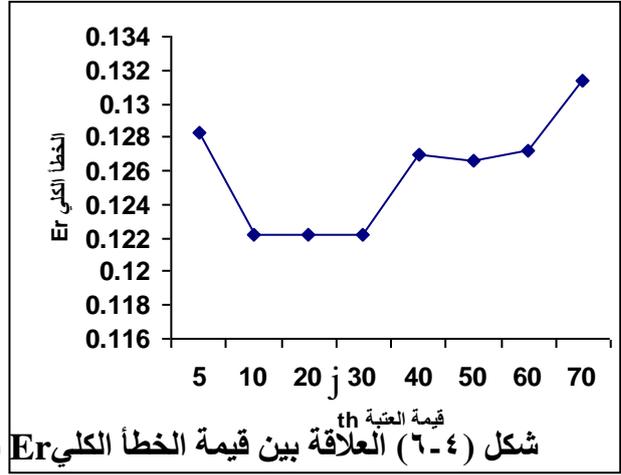
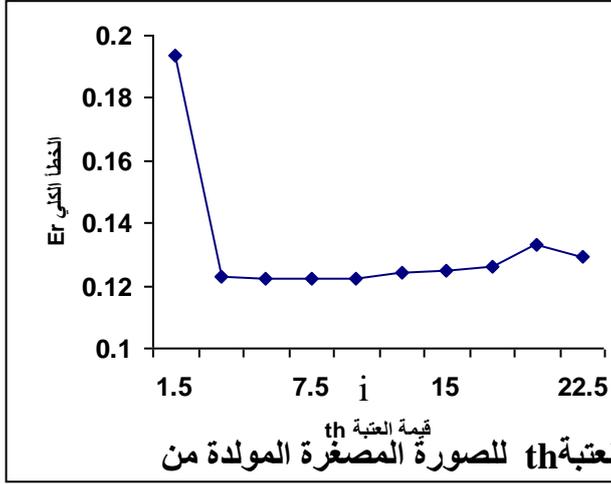


b



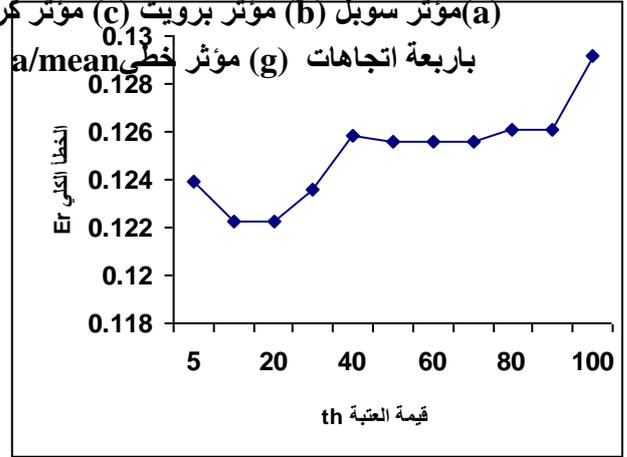
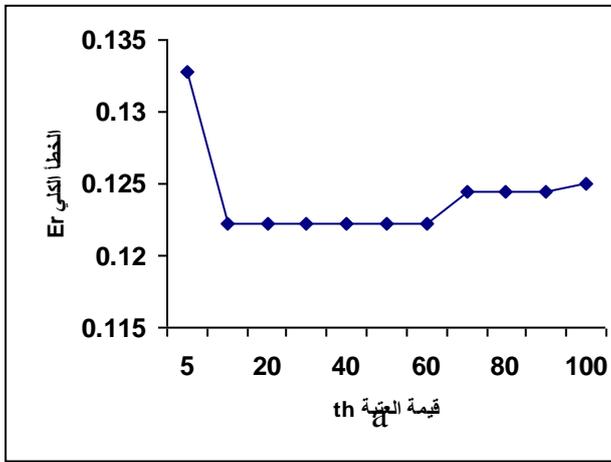
g

h

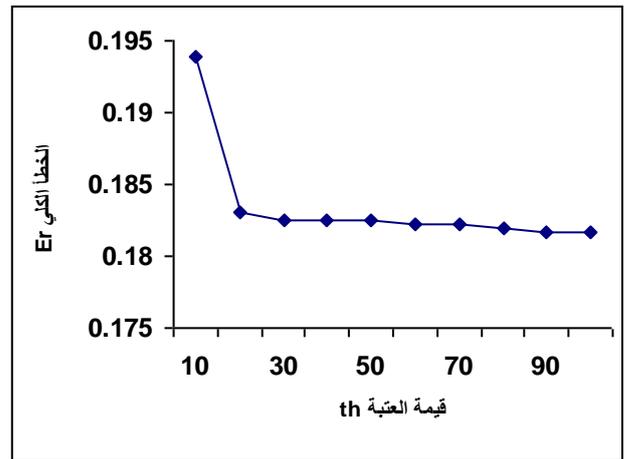
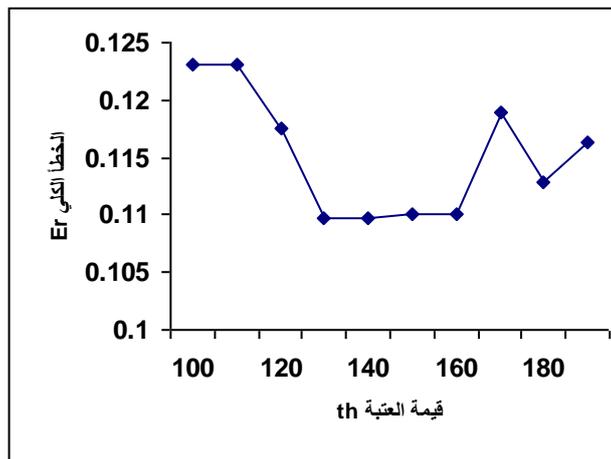


شكل (٤-٦) العلاقة بين قيمة الخطأ الكلي Er وقيمة العتبة th للصورة المصغرة المولدة من صورة البيت.

(a) مؤثر سويل (b) مؤثر برويت (c) مؤثر كرش (d) مؤثر روبرت (e) مؤثر خطي (f) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (g) مؤثر خطي a/mean (h) مؤثر خطي b (i) مؤثر اسي (j) مؤثر كاوسي



b

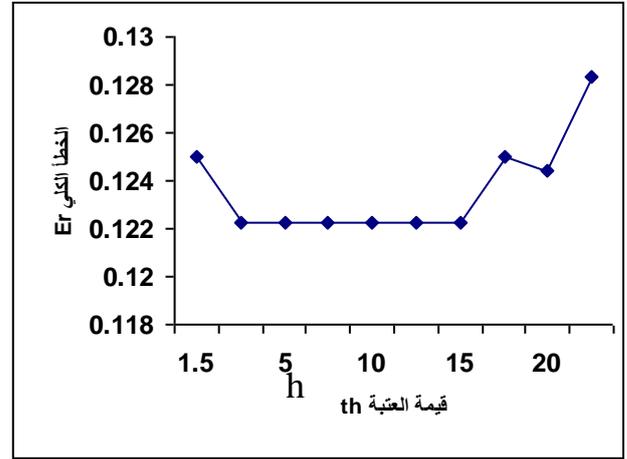
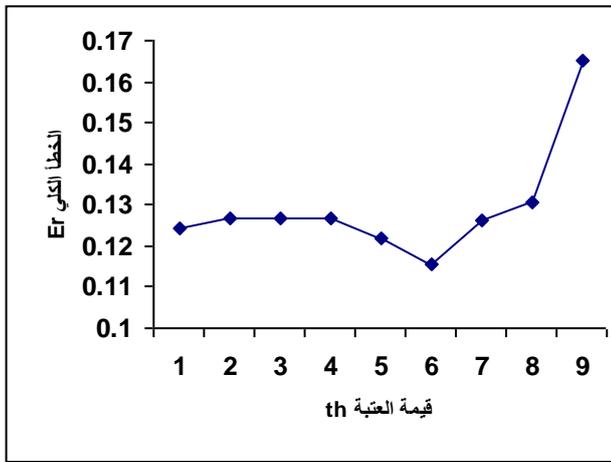


c

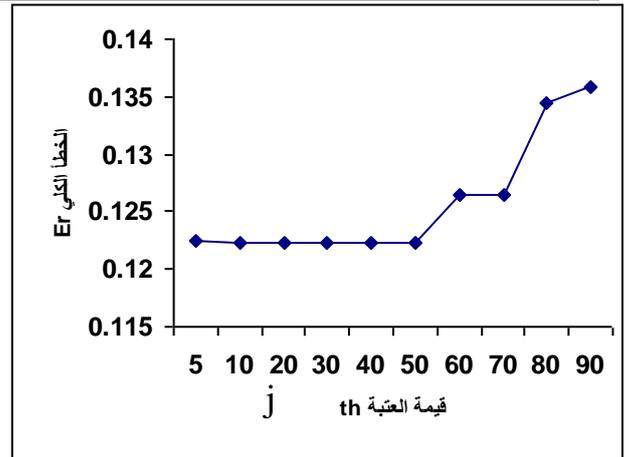
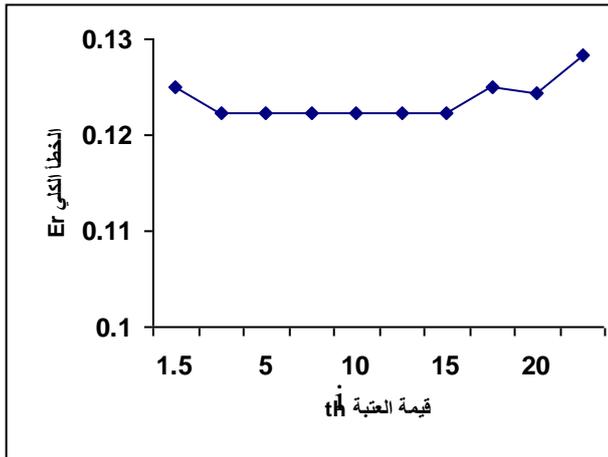
d

e

f



g



شكل (٤-٧) العلاقة بين قيمة الخطأ الكلي Er وقيمة العتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة الطفل.

(a) مؤثر سوبل (b) مؤثر برويت (c) مؤثر كرش (d) مؤثر روبرت (e) مؤثر خطي (f) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (g) مؤثر خطي a/mean (h) مؤثر خطي b (i) مؤثر اسي (j) مؤثر كاوسي.

ومن كل شكل نحصل على أفضل قيمة عتبة (tho) وأقل خطأ كلي Er مقابل لتلك القيمة وكما موضح في الجداول (٧-٤) و(٨-٤) و(٩-٤) لكل صورة.

الجدول (٧-٤) يبين المقارنة بين المؤثرات القياسية والطرائق المقترحة من خلال قيم الخطأ الكلي Er المقابلة لأفضل عتبة tho للصورة الصغيرة المولدة من صورة لينا.

الخطأ الكلي Er	قيمة أفضل عتبة tho	اسم المؤثر
٠.١٢٢٧٧	١٠, ٢٠	مؤثر سوبل
٠.١٢١٩٤	٢٠	مؤثر برويت
٠.١٠٦٦٦	٨٥	مؤثر كرش
---	---	مؤثر روبرت
٠.١٢٢٢٢	٥-----١	مؤثر خطي
٠.٠٦٦٦٦	٢,٥	مؤثر خطي باربعة اتجاهات
٠.١١٧٥	٨	مؤثر خطي a/mean
٠.١٢٢٢٢	٩,٥,٢	مؤثر خطي b
٠.١١٩٧٢	٩	مؤثر اسي
٠.١١٨٠٥	٢٠	مؤثر كاوسي

الجدول (٨-٤) يبين المقارنة بين المؤثرات القياسية والطرائق المقترحة من خلال قيم الخطأ الكلي Er المقابلة لأفضل عتبة tho للصورة المولدة من صورة البيت.

الخطأ الكلي Er	قيمة أفضل عتبة tho	اسم المؤثر
٠.١٢٢٢٢	٢٠	مؤثر سوبل
٠.١٢٢٥	١٠,٢٠	مؤثر برويت
٠.١٠٩٧٢	٨٠,٩٠,١٠٠	مؤثر كرش
---	---	مؤثر روبرت
٠.١٢٢٢٢	١٥,١٠,٥	مؤثر خطي
٠.٠٦٦١١	١٥	مؤثر خطي باربعة اتجاهات
٠.١٢٥٥٥	٥	مؤثر خطي a/mean
٠.١٢٢٢٢	٥,١٠	مؤثر خطي b
٠.١٢٢٢٢	١٠,٧.٥,٥	مؤثر اسي
٠.١٢٢٢٢	٣٠,٢٠,١٠	مؤثر كاوسي

الجدول (٩-٤) يبين المقارنة بين المؤثرات القياسية والطرائق المقترحة من خلال قيم الخطأ الكلي Er المقابلة لأفضل عتبة tho للصورة المولدة من صورة الطفل.

الخطأ الكلي Er	قيمة أفضل عتبة tho	اسم المؤثر
-------------------	-----------------------	------------

٠.١٢٢٢٢	٦٠-----١٠	مؤثر سوبل
٠.١٢٢٢٢	٢٠,١٠	مؤثر برويت
٠.١٠٩٧٢	١٤٠,١٣٠	مؤثر كرش
---	---	مؤثر روبرت
٠.١٢٢٢٢	٢٥-----٥	مؤثر خطي
٠.٠٦٦٦٦	٣٠-----١٠	مؤثر خطي باربعة اتجاهات
٠.١١٥٥٥	٦	مؤثر خطي a/mean
٠.١٢٢٢٢	٢٠-----٥	مؤثر خطي b
٠.١٢٢٢٢	١٥-----٢.٥	مؤثر اسي
٠.١٢٢٢٢	٥٠-----١٠	مؤثر كاوسي

ومن خلال هذه الجداول نستنتج ما يأتي:

- (١) أفضل قيمة عتبة tho لكل مؤثر ولكل صورة صغيرة، يمكن استعمالها في الكشف عن الحافات للصورة الحقيقية التي استقطعت منها الصور الصغيرة.
- (٢) من ملاحظة قيمة أقل خطأ E_r تم حسابه لكل مؤثر يمكن تحديد أفضل مؤثر كشف حافي لكل صورة.
- (٣) يمكن أن نقوم بمقارنة بين النتائج وذلك من خلال الجدول (٤-١٠) لتحديد أفضل طريقة للكشف الحافي.
- (٤) أن مؤثر روبرت لا يمكن استنتاج أفضل قيمة عتبة له وذلك لأن نواته صغيرة وتملك زوجين من الأعداد.

جدول رقم (٤-١٠) يوضح أفضل مؤثر كشف حافي لكل صورة.

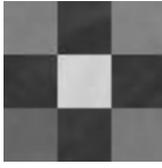
اسم المؤثر	قيمة الخطأ	اسم الصورة
------------	------------	------------

خطي باربعة اتجاهات	٠.٠٦٦٦٦	لينا
خطي باربعة اتجاهات	٠.٠٦٦١١	البيت
خطي باربعة اتجاهات	٠.٠٦٦١١	الطفل

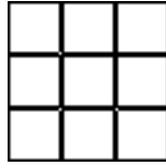
(Subjective Measurement)

ثانياً: القياسات العيانية:

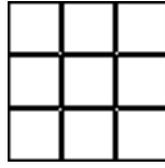
من خلال معرفة أفضل عتبة tho يمكن أن نكشف الحافات للصور الصغيرة والحقيقية حسب أفضل قيمة عتبة tho ولكل المؤثرات وكما واضح في الصور في الاشكال (٨-٤) و(٩-٤) و(٤) و(١٠-٤) للصور الصغيرة الثلاث على التوالي. والصور في الأشكال (١١-٤) و(١٢-٤) و(١٣-٤) للصور الحقيقية الثلاث على التوالي.



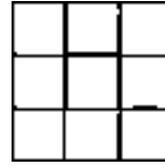
a



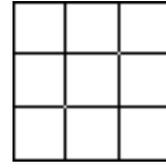
b



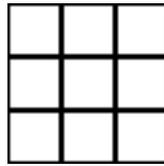
c



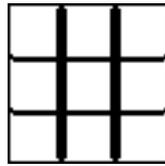
d



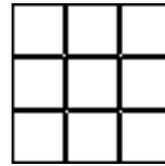
e



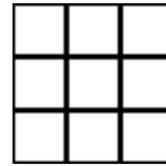
f



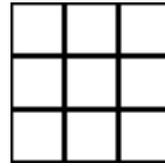
g



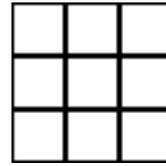
h



i



j



k

الشكل (٤-٨) عملية كشف الحافات في الصورة الصغيرة المولدة من صورة لينا.

(a) الصورة الصغيرة للينا (b) مؤثر سوبل (c) مؤثر برويت (d) مؤثر كرش (e) مؤثر روبرت (f) مؤثر

خطي (g) مؤثر خطي بأربعة اتجاهات (h) مؤثر خطي a/mean (i) مؤثر خطي b (j) مؤثر اسي

(k) مؤثر كاوسي.



a



b



c



d



e



f



g



h



i



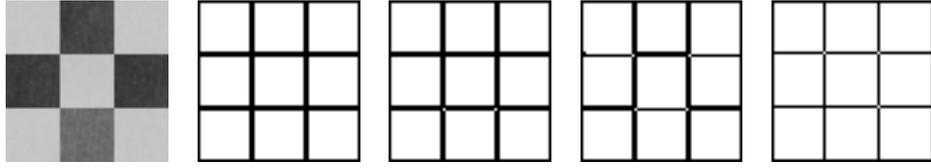
j



k

الشكل (٩-٤) عملية كشف الحافات لصورة لينا الحقيقية.

(a) الصورة الحقيقية للينا (b) مؤثر سوبل (c) مؤثر برويت (d) مؤثر كرش (e) مؤثر روبرت (f) مؤثر خطي (g) مؤثر خطي بأربعة اتجاهات (h) مؤثر خطي a/mean (i) مؤثر خطي b (j) مؤثر اسي (k) مؤثر كاوسي.



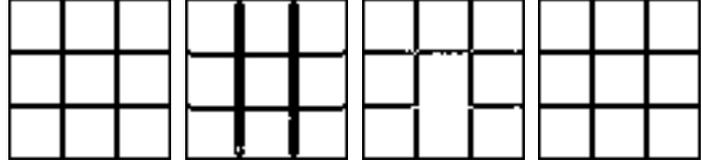
a

b

c

d

e

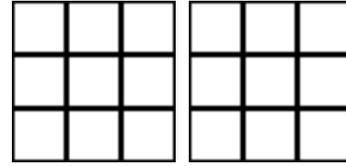


f

g

h

i



j

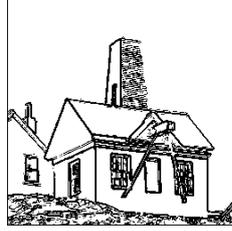
k

الشكل (٤-١٠) عملية كشف الحافات في الصور الصغيرة المولدة من صورة البيت.

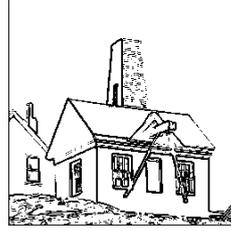
(a) الصور الصغيرة (b) مؤثر سوبل (c) مؤثر برويت (d) مؤثر كرش (e) مؤثر روبرت (f) مؤثر خطي (g) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (h) مؤثر خطي a/mean (i) مؤثر خطي b (j) مؤثر اسي (k) مؤثر كاوسي



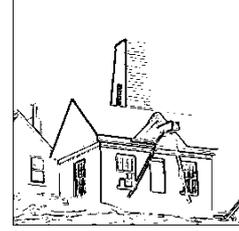
a



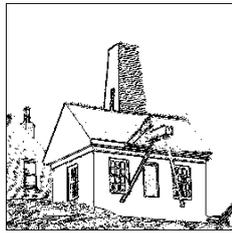
b



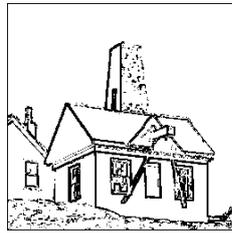
c



d



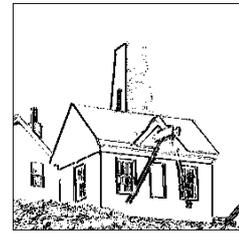
e



f



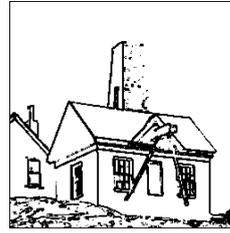
g



h



i



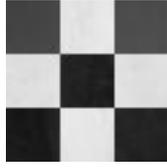
j



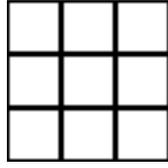
k

الشكل (١١-٤) عملية كشف الحافات لصورة البيت الحقيقية.

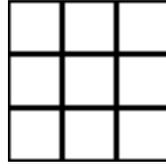
(a) صورة البيت الحقيقية (b) مؤثر سوبل (c) مؤثر برويت (d) مؤثر كرش (e) مؤثر روبرت (f) مؤثر خطي (g) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (h) مؤثر خطي a/mean (i) مؤثر خطي b (j) مؤثر اسي (k) مؤثر كاوسي.



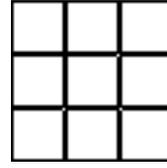
a



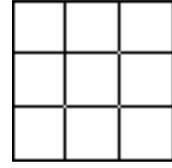
b



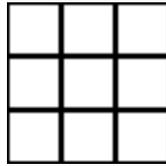
c



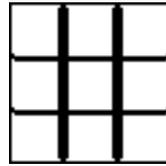
d



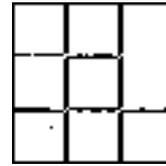
e



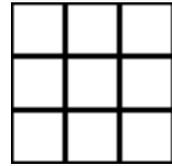
f



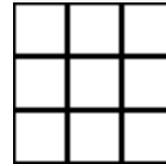
g



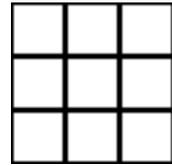
h



i



j



k

الشكل (٤-١٢) عملية كشف الحافات في الصور الصغيرة لصورة الطفل.

(a) صور الصغيرة (b) مؤثر سوبل (c) مؤثر برويت (d) مؤثر كرش (e) مؤثر روبرت (f) مؤثر خطي (g) مؤثر خطي باربعة اتجاهات (h) مؤثر خطي a/mean (i) مؤثر خطي b (j) مؤثر آسي (k) مؤثر كاوسي.



a



b



c



d



e



f



g



h



i



j



k

الشكل (٤-١٣) عملية كشف الحافات لصورة الطفل الحقيقية.

(a) صورة الطفل الحقيقية (b) مؤثر سوبل (c) مؤثر برويت (d) مؤثر كرش (e) مؤثر روبرت (f) مؤثر خطي (g) مؤثر خطي بأربعة اتجاهات (h) مؤثر خطي a/mean (i) مؤثر خطي b (j) مؤثر اسي (k) مؤثر كاوسي.

٤-٤ الاستنتاجات

مما تقدم يمكن استنتاج ما يأتي:

١. أن أفضل مؤثر كشف حافة من الطرائق المقترحة هو الطريقة الخطية المعتمدة على مسح الصورة بأربعة اتجاهات لأنها حققت اقل خطأ كلي في عملية كشف الحافة لجميع الصور .
٢. إن الطريقة الخطية المعتمدة على مسح الصورة بأربعة اتجاهات كانت أقل الطرق توليداً للحافات الكاذبة Er_2 وأقل الطرق في حذف الحافات الحقيقية Er_1 .
٣. كانت قيم الخطأ الكلي عند الصورة الصغيرة المولدة من صورة لينا أفضل من بقية الصور الصغيرة المولدة من الصور الأخرى ولأغلب المؤثرات وذلك لان الصورة الحقيقية للينا ذات تباين عالٍ و الحافات ليست ضبابية.
٤. أن الطرائق المقترحة قادرة على كشف الحافات في الصور الرقمية بشكل افضل من يقارب الطرائق التقليدية.
٥. إن الطريقة الخطية المعتمدة على مسح الصورة بأربعة اتجاهات تكشف حافات دقيقة وهذا واضح من صورة البيت إذ أن المدخنة في صورة البيت قد تم كشف تفاصيلها وهذا لم يحدث في باقي المؤثرات.
٦. تم الحصول على قيم عتبة مثلى لكل المؤثرات المقترحة لتعطي كشفاً عالياً للحافات في الصور الرقمية ذات التدرج الرمادي.
٧. عند استعمال نافذة حجمها (5×5) فإن الطرائق المقترحة تعطي حافات سميكة وكاذبة وعليه لايمكن ان تستخدم هذه الطرائق بكفاءة عند استخدام حجم كبير للنافذة المنزلة.

٤-٥ التوصيات والعمل المستقبلي

يمكن من خلال هذه الدراسة عمل توصيات ومجموعة من الأعمال المستقبلية وعلى الآتي:

١. التوصية باستعمال هذه الطرائق المقترحة كمؤثرات كشف حافة لأنواع مختلفة من الصور الرقمية المأخوذة بمديات مختلفة مثل (X-UV, IR, ray) والصور الفضائية (space image).
٢. استعمال هذه الطرائق المقترحة لكشف الحافات في الصور الملونة ومقارنتها مع الطرائق المعروفة في كشف الحافات في هذه الصور.
٣. استعمال هذه الطرائق المقترحة لغرض تمييز الاهداف والأجسام وتميز البصمات.
٤. اعتماد الدوال المتعامدة في تقنية تقريب المربعات الصغرى لإنجاز عملية التقريب لغرض الكشف الحافي.

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
٤	تقنية الصور السلبية وخاصة في الصور الطبية	١-١
٩	تركيب الصورة الرقمية لكوكب الزهرة	٢-١
١٥	مخطط يوضح عملية تحليل الصورة	٣-١
٢٥	مثال لصورة صغيرة في اليسار ونواة في اليمين لتوضيح الالتفاف	١-٢
٢٨	نوى الالتفاف لمؤثر روبرت	٢-٢
٢٨	نوى الالتفاف لمؤثر سوبل	٣-٢
٢٩	نوى الالتفاف لمؤثر برويت	٤-٢
٢٩	نوى الالتفاف لمؤثر كرش	٥-٢
٣٤	خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على إيجاد الخطأ المطلق er	١-٣
٣٥	الاتجاهات الأربعة لنافذة حجمها 3×3	٢-٣
٣٧	خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على مسح الصورة بأربعة اتجاهات رئيسية	٣-٣
٣٨	خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على قيمة (a)	٤-٣
٣٩	العلاقة الخطية بين x و $y(x)$	٥-٣
٤٠	خوارزمية توضح الطريقة المعتمدة على المعامل (b)	٦-٣
٤٢	خوارزمية توضح الطريقة الأسية للكشف الحافي	٧-٣
٤٣	مصفوفة رقمية لجزء من صورة كوكب الزهرة	٨-٣
٤٤	النافذة المنزلة المحددة في مستوي المصفوفة الرقمية	٩-٣
٤٥	العلاقة بين قيم الموقع x وقيم المستويات الرمادية $y(x)$ المرتبة تصاعدياً لمنطقة غير متجانسة ومتجانسة	١٠-٣
٤٦	العلاقة الكاوسية المتناظرة بين قيم x وقيم المستويات الرمادية $y(x)$	١١-٣
٤٨	خوارزمية توضح العلاقة الكاوسية للكشف عن الحافة	١٢-٣
٤٩	عملية استقطاع بلوكات متجانسة من الصور	١٣-٣
٥١	العلاقة بين قيمة العتبة والخطأ الكلي لعملية كشف الحافة	١٤-٣
٥٣	الصور المعتمدة في الدراسة	١-٤
٥٣	صور معلومة الحافات المولدة من تجميع بلوكات متجانسة مستقطعة من الصور الحقيقية	٢-٤
٥٤	حافات الصور الحقيقية وحافات الصور الصغيرة المعلومة الحافات المكتشفة حافاتهما باستعمال التقريب الخطي لبيانات الصورة الموضوعية التي تم مسحها بأربعة اتجاهات مختلفة	٣-٤
٥٦	العلاقة بين قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th	٤-٤

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
٦٥	العلاقة بين قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة لينا	٥-٤
٦٧	العلاقة بين قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة البيت	٦-٤
٦٩	العلاقة بين قيم الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة الطفل	٧-٤
٧٤	عملية كشف الحافات في الصور الصغيرة المولدة من صورة لينا	٨-٤
٧٥	عملية كشف الحافات لصورة لينا الحقيقية	٩-٤
٧٦	عملية كشف الحافات في الصور الصغيرة المولدة من صورة البيت	١٠-٤
٧٧	عملية كشف الحافات لصورة البيت الحقيقية	١١-٤
٧٨	عملية كشف الحافات في الصور الصغيرة لصورة الطفل	١٢-٤
٧٩	عملية كشف الحافات لصورة الطفل الحقيقية	١٣-٤

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
١٢	هيكل المعلومات الاولية ومعلومات الصورة	١-١
٤٤	قيم المستويات الرمادية $y(x)$ وقيم الموقع x المقابلة لها	١-٣
٤٥	قيم المستويات الرمادية المرتبة	٢-٣
٥٥	جدول الأخطاء المحسوبة للصور الصغيرة ولعنتبات مختلفة	١-٤
٥٧	قيمة اقل خطأ كلي Er لعملية كشف الحافة لنافذة حجمها 3×3	٢-٤
٥٧	قيمة اقل خطأ كلي Er لعملية كشف الحافة لنافذة حجمها 5×5	٣-٤
٥٨	قيمة الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th لعملية كشف الحافة لصورة لنا للموثرات والطرائق المستحدثة	٤-٤
٦٠	قيمة الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th لعملية كشف الحافة لصورة البيت الناتجة من استخدام مؤثرات الكشف الحافي والطرائق المستحدثة	٥-٤
٦٢	قيمة الخطأ الكلي Er وقيم العتبة th لعملية كشف الحافة لصورة الطفل الناتجة من استخدام مؤثرات الكشف الحافي والطرائق المستحدثة	٦-٤
٧٠	المقارنة بين المؤثرات القياسية والطرائق المقترحة من خلال قيم الخطأ الكلي Er المقابلة لافضل عتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة لنا	٧-٤
٧١	المقارنة بين المؤثرات القياسية والطرائق المقترحة من خلال قيم الخطأ الكلي Er المقابلة لافضل عتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة البيت	٨-٤
٧٢	المقارنة بين المؤثرات القياسية والطرائق المقترحة من خلال قيم الخطأ الكلي Er المقابلة لافضل عتبة th للصورة الصغيرة المولدة من صورة الطفل	٩-٤
٧٣	افضل مؤثر كشف حافي لكل الصورة	١٠-٤

١. R.C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, ١٩٩٢.
٢. S.E. Umbough, "Computer Vision and Image Processing A practical Approach Using CVIP Tools". Prentice-Hall, ١٩٩٨.
٣. I.T. Yong; J.J. Gerbrands; and J. Van Vliet, "Fundamentals of Image Processing", Printed in the Netherlands at the Delft University of Technology, ١٩٩٨.
٤. R. Crane, "A simplified Approach Image Processing", Prentice-Hall (U.S.A.), ١٩٩٧.
٥. W.D. Schwaderer, "Digital Imaging in C and the word wide wib" HP Company word ware press, Inc (U.S.A.). ١٩٩٨.
٦. W. Niblak, "An introduction to Digital Image Processing", Strandberg publishing company. ٣٤٦٠ Binkeroad, Denmark, Prentice-Hall, Inc, ١٩٨٧.
٧. J. Gomes, L. Velto, "Image processing for computer graphics", Springer-Verlag, New York, Inc, ١٩٩٧.
٨. S. Logan "Developing imaging applications with XIE Lib", Prentice Hall PTR, ١٩٩٨.
٩. R.C. Gonzalez; R.E. Woods and S.L. Eddins, "Digital image processing using MATLAB", Prentice Hall, ٢٠٠٤.
١٠. S.W. Smith, "The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal processing", California Technical Publishing, ١٩٩٧.
١١. C. David, "BMP file format", part ١, Dr. Dobb's Journal, March, ١٩٩٥.
١٢. C. David, "The BMP file format", part ٢, Dr. Dobb's Journal, April, ١٩٩٥.
١٣. L. Marv Luse, "The BMP file format", Dr. Dobb's Journal, July, ١٩٩٥.

١٤. R. Fisher; S. Perkin; A. Walker and E. Wolfart, image processing learning resource, HIPR ٢, ٢٠٠٣. web sit:
<http://www.dai.ed.uk/HIPR/copyraht.htm>
١٥. J.F. Canny, "Finding edges and lines in images", Master's Technology, ١٩٨٣.
١٦. J.F. Canny, "A computational approach to edge detection", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, volume (٨), No. ٦, ١٩٨٦.
١٧. M.H. Hueckel, "A local visual operator which recognizes edges and lines", Journal Association of Computer, ١٩٧٣.
١٨. D. Marr and E.C. Hildreth, "Theory of edge detection", In proceedings of the Royal Society of London, Volume B ٢٠٧, pages ١٨٧-٢١٧, ١٩٨٠.
١٩. M. Borga, H. Malmgren, and H. Knutsson, "FSED feature selective edge detection", IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition, New York, ١٩٩٣.
٢٠. X. Jiang and H. Bunk, "Edge detection in rang image based on scan line approximation", Computer vision and image understanding, volume (٧٣), ١٩٩٩.
٢١. J. Heider, Al-Taa'y; D. Ali, Al-Zuky; and J.K., Kadhum, "Edge detection in IR image by using digital filters", Ms.C Thesis, Al-Mustansiriya University, Science College, ٢٠٠٢.
٢٢. T. Yen, Jen, "A qualitative profile-based approach to edge detection", Ph.D. Thesis, Computer Science, New York University, ٢٠٠٣.
٢٣. J. Zhou,; Hu. Qimei and X. He, "Edge detection with bilateral filtering in spiral space", proceeding of the ٢nd international

- conference on inference on information technology for application (ICITA), ٢٠٠٤.
٢٤. D. Ali, Al-Zuky and J. Haidar, Al-Al-Taa'y, "Adaptive thresholding method for image edge detection". Publishing in Al-Mustansirya Journal of Science, ٢٠٠٢.
٢٥. الزبيدي، محمد: السيف. خليل، "الكشف عن الخطوط المستقيمة والأشكال في الصور الجوية"، كلية العلوم، جامعة الموصل، ٢٠٠٢.
٢٦. دواي، حازم كاطع؛ الزكي؛ علي عبد داوود؛ سديم؛ ماهر ناصر، "إزالة الضوضاء الجمعية من الصورة الملونة باستعمال طريقة المربعات الصغرى لتقريب المنحنيات"، كلية التربية، ابن الهيثم، جامعة بغداد، ٢٠٠٤.
٢٧. سيفي، علي محمد صادق وكمال الدين ابتسام كمال، "مبادئ التحليل العددي"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد، ١٩٨٦.
٢٨. كندال أي. اتكنسون، "مقدمة في التحليل العددي"، ترجمة الدكتور كاظم محمد والدكتور منتهى جرجيس، جامعة البصرة، ١٩٨٨.
٢٩. الشيخ أحمد، عبد المطلب، "التحليل العددي وبرمجة طرقه على الحاسبة الإلكترونية"، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، قسم العلوم التطبيقية في الجامعة التكنولوجية، ١٩٩٩.
٣٠. د. ماكراكن، د.س.دورن، "التحليلات العددية مع حالات دراسية باستخدام لغة فورتران"، ترجمة الدكتور علي الجبوري والدكتور فاروق رسام، الكلية الفنية العسكرية، ١٩٨٣.