

التمييز الآلي للمقاطع الخطية في الصور الرقمية

محمد جاجان يونس الزبيدي^(١)

المخلص

تم في هذا البحث التعرف على أهم أنواع الصور الرقمية والتي تم إدخالها عبر كاميرات رقمية أو عن طريق صور فوتوغرافية تم قراءتها من خلال أجهزة المواسح الضوئية وتحويلها إلى مصفوفة نقاط صورية، أو من خلال إمكانية الرسم الذي توفره بيئة نظام التشغيل Windows ومن ثم تخزين بيانات الصورة للتعامل معها في لغة Matlab المستخدمة في هذا البحث. كما تم تعريف الخط المستقيم والذي يكون العناصر الأساسية لهياكل الأشكال الهندسية المختلفة التي تحتويها الصور، والتعرف على أهم طرق تمثيله واكتشافه. وأخيراً تم اقتراح خوارزمية لتحديد مواقع الخطوط المستقيمة والتي تم الحصول على قطع حافاتها باستخدام إحدى طرق اكتشاف الحافة المتوفرة ضمن البيئة البرمجية للغة المستخدمة، وتم بعدها تطبيق تحويل رادون الذي يستطيع تحويل الصور الثنائية البعد التي تحوي على خطوط مستقيمة إلى مجال آخر هو مجال معاملات الخطوط المحتملة، وبعد تطبيق تحويل رادون على الصورة الثنائية تم الحصول على مجموعة من النقاط الالامعة وكل نقطة من هذه النقاط تمثل خط مستقيم في الصورة الأصلية.

Abstract

In this research, the most important kinds of digital images are defined. They are inserted by digital camera or photographic read by gratification tools and then transformed to matrix of image achieved from operating system of Windows, then saving image data and processing it in Matlab language which is used in this research. The straight line, which forms a basic element for the structure of geometric shapes of various kinds has been defined finding the most important way of showing and detection. Finally, an algorithm is suggested for locating straight line achieved by its edges, and exploiting a way of detection available in the environment of the program of the utilized language. Then Radon transform has been applied, for it is able to transform two-dimensional image that includes straight lines to another field dealing with expected lines. After applying Radon transform to the binary image, several brilliant points have been (prominent peaks) achieved each of which represents a straight line in the original image.

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

المقدمة (Introduction):

تعد الصور الرقمية الجزء الأساس لأنظمة المعلومات والتطبيقات المختلفة، ويمكن اعتبارها عرضاً بصرياً لمصفوفة من الأعداد الصحيحة والتي قيمها تحدد الظل لتدرج رمادي معين في حالة الصور الرمادية أو لون محدد في حالة الصور الملونة [Umbaugh, 1998]. ويمكن تعريف الصور الرقمية على أنها عينات منفصلة في فضاء معين تضم بيانات رقمية تمثل كل قيمة منها إضاءة نقطة صورية (Pixel) في الصورة [العبيدي، ٢٠٠١].

تقسم الصور الرقمية (Digital Images Types) بالاعتماد على الألوان إلى ثلاثة أنواع: الصور الثنائية (Binary Images): تمثل الصور الثنائية أبسط أنواع الصور الرقمية، إذ يستخدم التمثيل الرقمي للبيانات النظام الثنائي (0,1)، ويمكن أن يعبر عنها بمصطلح يشير إلى دالة تدعى $F(I,J)$ وهي ثنائية البعد، حيث يمثل I الإحداثي الأفقي ويمثل J الإحداثي العمودي، ونقطة الأصل (0,0) تقع عند الزاوية العليا اليسرى من الصورة [العبيدي، ٢٠٠١]. وهناك عدة تسميات للصور الثنائية منها: (Black & White Images) أو (1 bit/pixel Image) وذلك لأنها تأخذ رقماً ثنائياً واحداً لتمثيل كل نقطة [Umbaugh, 1998]. (أما أبرز محاسن الصور الثنائية فهي كالاتي [البياتي، ٢٠٠٢]:

- ✓ سهولة اكتسابها (Ease Acquisition): يمكن الحصول عليها من كاميرات رقمية أو عن طريق الماسح الضوئي وبكلفة أقل من الصور الملونة أو من الصور الرمادية.
- ✓ تخزين أقل (Lower Storage): لا تحتاج أكثر من بت واحد لكل نقطة صورية، ويمكن هذا أن يقلل من حجم الذاكرة التي تحتاجها الصورة، فضلاً عن إمكانية الكبس العالية (High Compression) لهذا النوع من الصور.
- ✓ معالجة بسيطة (Simple Processing): البرمجيات المستخدمة على هذا النوع من الصور تكون أكثر سهولة من تطبيقاتها على أنواع الصور الأخرى.

الصور ذات التدرج الرمادي (Gray Level (Gray Scale) Images): تشير الصور الرمادية إلى الصور أحادية اللون (Monochromatic) أي أنها ذات طول موجي واحد، وتحتوي هذه الصور على معلومات شدة الإضاءة فقط ولا تحتوي على المعلومات اللونية، حيث يتم تمثيل كل نقطة فيها من خلال ثمانية أرقام (8 bit/pixel) والتي تعطي (256) احتمالية مختلفة للمستويات اللونية، وهذا أدى إلى استخدام هذا النوع من الصور في

تطبيقات المعالجات الصورية المختلفة حيث شدة قيم الألوان الثلاثة (الأحمر، الأخضر والأزرق) تكون متساوية في فضاء الألوان (RGB)، [الصفار، ٢٠٠٢].

الصور الملونة (Color Images): هناك مجموعة من الألوان تدركها العين البشرية والتي تعرف بالألوان الأساسية ويتم الحصول عليها بإضافة كميات مناسبة من الأحمر، الأخضر والأزرق، ومن الممكن تكوين كل الألوان المرئية بتجميع هذه الألوان الثلاثة التي شكلت الأساس لفضاء الألوان (RGB) في تطبيقات الحاسبة، فالصور الملونة الفوتوغرافية بالإمكان تمثيلها بصيغة (RGB) عندما تنتج من خلال مواسح رقمية (Digital Scanners) تمتلك مرشحات للألوان الأساسية الثلاثة [Fisher et al, 2002]. وأما بيانات الصور الملونة فتخزن على شكل مصفوفة ثلاثية الأبعاد ($M \times N \times 3$) إذ يمثل البعد الأول اللون الأحمر (Red) ويمثل البعد الثاني اللون الأخضر (Green) أما البعد الثالث فيمثل اللون الأزرق (Blue)، وكل بعد يتكون من ($M \times N$) من الأسطر والأعمدة، وقيمة الشدة اللونية لكل لون تخزن في مواقع النقاط الصورية المتقابلة نفسها عند كل بعد، أي أن كل نقطة صورية في الصور الملونة يتم تمثيلها بثلاثة ألوان وكل لون يتم تمثيله بثمانية أرقام، وهذا يعني أن كل نقطة صورية للصور من نوع (RGB) سوف يتم تمثيلها من خلال أربعة وعشرون رقماً (24 bit/pixel)، وهذا أعطى القابلية على إظهار ($16777216 = 2^{24}$) من الألوان المختلفة [Umbaugh, 1998]. أي أن النقطة التي محتويات لونها (0,0,0) تعرض كأسود، والنقطة التي محتويات لونها (255,255,255) تعرض كأبيض، لذلك فإن هذا النوع من الصور يعرف بـ (24-bit Color Images)، [الصفار، ٢٠٠٢]. ويعتبر هذا النوع من الصور كفاءة لتغطية مدى كامل من الألوان التي تدركها العين البشرية، أما مساوئه فهو مكلف حسابياً وبعض الأحيان ليس من الضروري استخدام (24 bits) لكل نقطة عند تخزين الصورة كما يحتاج إلى ذاكرة كبيرة ووقت معالجة طويل نسبياً لخزن الصور الملونة [الصفار، ٢٠٠٢].

تعريف وتمثيل الخط المستقيم (Definition & Representation of Straight Line):

قطعة المستقيم (الخط) كما تعرف في علم الرياضيات بأنها مجموعة مرتبطة من نقاط الحافة المنتظمة والتي تكون على استقامة واحدة [Marcel and Cattoen, 1997]. فالخط المستقيم المرسوم باليد يمكن أن يكون بسمك أكثر من نقطة صورية واحدة، حيث

يمكن تمثيل سمك الخط المستقيم بمجموعة من النقاط عند إدخال الصورة المرسومة إلى الحاسوب وتمثيلها بمتجه معين، عليه يمكن تعريف قطعة المستقيم بأنها مجموعة من المتجهات المتجاورة عمودياً أو أفقياً [العبيدي، ٢٠٠١]. ويمكن وصف الخط المستقيم (أو الشكل الدائري أو البيضاوي) في الصور الرقمية من خلال المعادلة الآتية [Wang, 2000]:

$$f(x, y, \alpha_1, \dots, \alpha_n) = 0 \quad (1)$$

حيث: x, y متغيران يمثلان الموقع على الصورة (إحداثيات الصورة).

$\{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$ مجموعة n من الحدود والتي تعبر عن الشكل (Shape Parameter).

اكتشاف الخطوط المستقيمة (Detection of Straight Lines):

تبقى مسألة معالجة الخطوط المستقيمة التي تحتويها الصور الرقمية من التطبيقات المهمة جداً في المعالجات الصورية وتمييز الأنماط، وذلك لكونها تدخل في العديد من التطبيقات خاصة في مسائل استخلاص الخواص (Features Extraction) لاكتشاف محتويات الصورة [الصفار، ٢٠٠٢]. ومع تلك الأهمية بقيت الخوارزميات التي تعمل على اكتشاف الخطوط المستقيمة تعاني من مشاكل كثيرة منها [البياتي، ٢٠٠٢]:

- العمليات الحسابية الكثيرة التي تستغرق وقت طويل عند التنفيذ.
- عدم تمكنها من تحديد بداية ونهاية الخط المستقيم.
- مشكلة استمرارية الخط المستقيم، حيث لا تتمكن الخوارزميات من التحقق كون الخط المستقيم يتكون من قطع صغيرة تقع على استقامة واحدة قد لا تشكل خطاً مستقيماً واحداً.

➤ عدم معالجتها للنقاط التي تحيد قليلاً عن مسار الخط المستقيم، إذ تعدّها نقاط لا تنتمي إلى قطعة الخط المستقيم مما يؤدي إلى حدوث تقطيع لتلك القطعة.

وهناك عدة طرائق تستخدم في اكتشاف وتمييز الخط المستقيم اعتمدها الباحثين، والتي تعتمد في أسلوبها على العمليات الحسابية والبرمجية المطولة، ومن هذه الطرائق [العبيدي، ٢٠٠١].

- i. طريقة المطابقة القالبية (Template Matching).
- ii. طريقة تحويل رادون (Radon Transformation).
- iii. طريقة تحويل هاف (Hough Transformation).
- iv. طريقة استخلاص الخط المستقيم من الصورة والتي تتضمن عدة مراحل:

- Smoothing.
- Edge Detection.

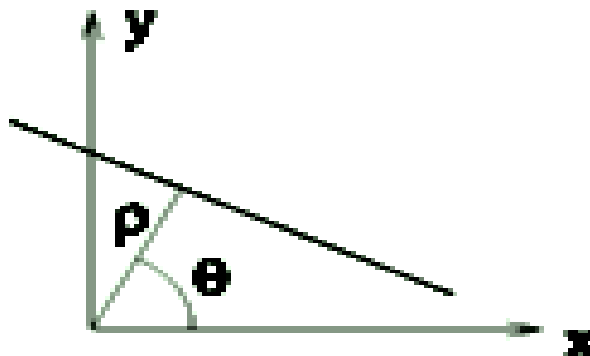
- Edge Linking.
- Edge Thinning.
- Chain Straightening and Line Correction.

تحويل رادون (Radon Transform):

يعد تحويل رادون من أكفأ الطرق المستخدمة في اكتشاف الخط المستقيم والمنحني، وكان اكتشافه لأول مرة عام (١٩١٧) من قبل العالم جوهان رادون [العبيدي، ٢٠٠٢]. وفي السنوات الأخيرة استقبل هذا التحويل اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين وذلك لقابليته على تحويل الصور ثنائية الأبعاد الحاوية على المعالم ذات الأجزاء الخطية المنتظمة إلى فضاء من الخطوط المحتملة، إذ أن كل خط مستقيم تتضمنه الصورة سوف يعطي قمة عظمى أو نقطة لامعة (prominent Peak) عند الموقع المناظر لقيم معالم ذلك الخط في الصورة، مما أدى إلى إعطاء تطبيقات واسعة لاستخلاص معالم الخطوط المستقيمة في المعالجات الصورية [Tof's, 1996]. هذا يعني أن تحويل رادون يستطيع تحويل الصور الثنائية التي تحتوي على خطوط مستقيمة إلى مجال آخر هو مجال معاملات الخطوط المحتملة، إذ أن كل خط مستقيم موجود في الصورة سيعطي نهاية عند معاملات ذلك الخط أي عند البعد العمودي للخط عن مركز الصورة وزاوية العمود مع المحور الأفقي [الحيالي، ٢٠٠٢].

وهناك عدة تعاريف لتحويل رادون وبأساليب مختلفة، أوسعها انتشاراً في وصف خواص الخطوط المستقيمة هي الصيغة الآتية والموضحة في الشكل (١)، [Tof's, 1996]:

$$\rho = x * \cos(\theta) + y * \sin(\theta) \quad \dots\dots\dots(2)$$



الشكل (١) وصف لإحداثيات قيم خط مستقيم في فضاء رادون (فضاء التحويل).

حيث ρ : البعد العمودي للخط المستقيم عن مركز الصورة (نقطة الأصل).

θ : زاوية ميل الخط المتعامد مع الخط المستقيم المار بنقطة الأصل

من المعادلة (2) نلاحظ أن تحويل رادون لـ (ρ, θ) هو الخط المتمم لدالة ثنائية البعد، إذ أن موقع هذا الخط يقابل قيمة (ρ, θ) ، كما هو موضح من خلال التعبير الآتي [Tof's, 1996]:

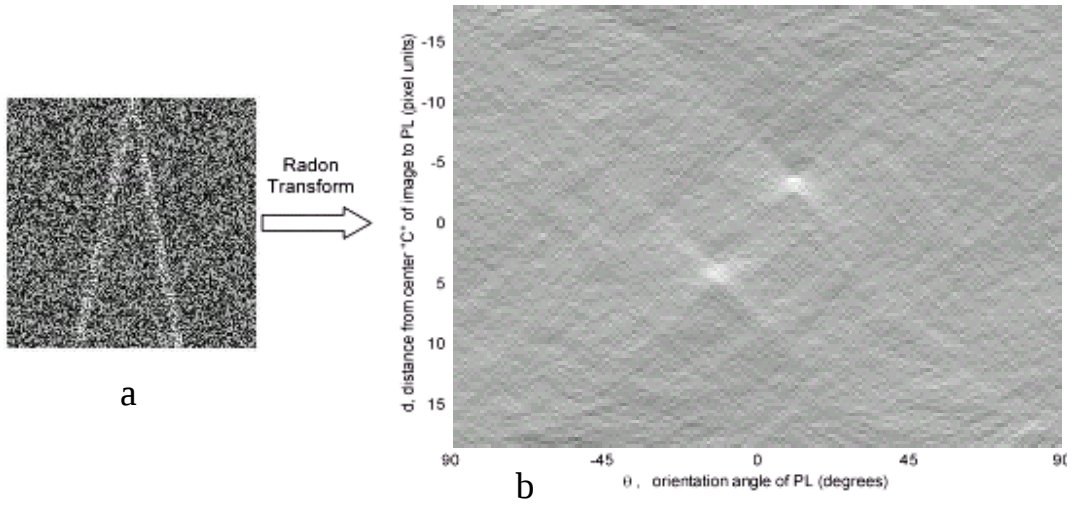
$$\hat{g}(\rho, \theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy \dots\dots\dots (3)$$

حيث: x, y الإحداثيين السيني والصادي للنقاط الصورية على التوالي.

$g(x, y)$ دالة ثنائية البعد تمثل شدة إضاءة النقاط الصورية.

وباستخدام التعريف أعلاه يمكن تحويل صورة تحتوي على خطوط مستقيمة إلى فضاء تحويل رادون، إذ أن كل نقطة لامعة في فضاء التحويل تقترن مع خط مستقيم واحد في الصورة الأصلية. وبصيغة أخرى: يمكن اعتماد دالة مستمرة ذات بعدين $g(x, y)$ تعود لخطوط مستقيمة مائلة، إذ يتم تحديد مواقع تلك الخطوط من معاملات هذه الدالة والتي تتمثل بالبعد العمودي ρ وزاوية الميل θ . هذا وتعتمد طريقة رادون نقطة المركز للصورة كنقطة أصل لاكتشاف ميل الخطوط المستقيمة (البعد العمودي للخطوط المستقيمة)، حيث تتحول الخطوط المستقيمة في الصور الثنائية إلى هيئة قمم في فضاء التحويل، تلك القمم تمثل معاملات الخط المستقيم، وأما المناطق القريبة من القمم فهي نقاط تحيد قليلاً عن مسار الخط المستقيم [Tof's, 1996].

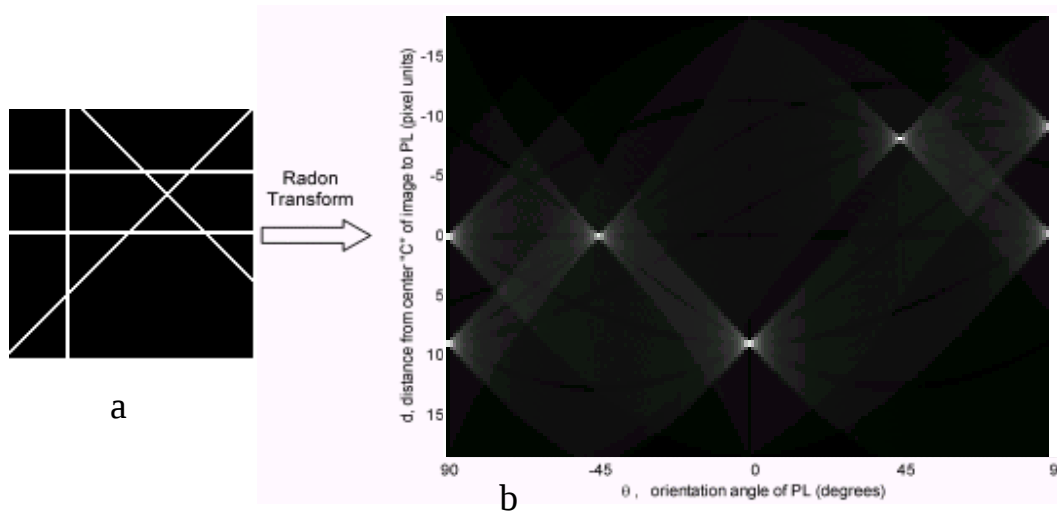
إن الخاصية المهمة جداً التي تميز تحويل رادون هي قابليته على استخلاص وتمييز الخطوط المستقيمة والمنحنيات من الصور شديدة الضوضاء (التشويش)، وذلك من خلال تجاهل المناطق القريبة بعض الشيء من القمم، أي أنه بالإمكان تحويل العديد من الخطوط المخفية في صورة ما إلى هيئة قمم من النقاط المضيئة، الشكل (٢)، فضلاً عن أن الخطوط المتقاطعة لا تشكل أية مشكلة عند تطبيق تحويل رادون عليها، إذ أن القيم في فضاء رادون تعكس قيمة الخطوط كل على حدا، وهذا يعني إمكانية تطبيق تحويل رادون على صورة تحوي عدة خطوط مستقيمة متقاطعة، الشكل (٣)، [Copeland et al, 1994].



الشكل (٢) تطبيق تحويل رادون على صورة ذات ضوضاء شديدة:

(a) صورة ذات ضوضاء شديدة تحوي خطين مستقيمين.

(b) طيف الخطوط بعد تطبيق تحويل رادون عليها.



الشكل (٣) تطبيق تحويل رادون على صورة تحوي عدة خطوط مستقيمة متقاطعة:

(a) صورة تحوي خطوط مستقيمة متقاطعة.

(b) طيف الخطوط بعد تطبيق تحويل رادون عليها.

الجانب التطبيقي في البحث (Experimental Research):

تعد عملية تحديد مواقع الخطوط المستقيمة في الصور الرقمية من الدراسات المهمة جداً في عمليات استخلاص خواص الخطوط المستقيمة والتي يتم التوصل من خلالها إلى ماهية الأنماط الهندسية المنتظمة التي كونتها. فالخطوط المستقيمة تشكل العنصر الأساس في معظم التراكيب التي يصنعها الإنسان (كالطرق والأبنية) والرؤية البشرية أو الإبصار البشري (Human Vision) لتلك التراكيب تمنح الإنسان إمكانية التفكير في كل محتوياتها واستنباط ما تحتويه من معالم، أما الرؤية الحاسوبية أو الإبصار الحاسوبي (Computer Vision) لها والتي تتم عبر كاميرات رقمية أو عن طريق صور فوتوغرافية يتم قراءتها من خلال أجهزة الماسح الضوئية (Scanners) لغرض تخزينها على الحاسبات الإلكترونية، تلك الرؤيا تحتاج إلى معالجات صورية كثيرة لغرض استخلاص خواص المعلومات الموجودة في داخلها للتمكن من قراءتها آلياً ومن ثم ترجمتها وتفسير معانيها. وقد تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية لتمييز وتحديد مواقع الخطوط المستقيمة للأشكال الهندسية التي تحتويها الصور الرقمية لمراحل العمل الآتية والموضحة من خلال المخطط في الشكل (٤):

المرحلة الأولى (إدخال الصورة): تمثل هذه المرحلة عملية إدخال الصورة إلى الحاسبة الإلكترونية، إذ يتم استخدام أجهزة التصوير الرقمية أو عن طريق صور فوتوغرافية يتم قراءتها من خلال جهاز الماسح الضوئي وتحويلها إلى مصفوفة نقاط صورية ذات خطوط وأعمدة، أو من خلال إمكانية الرسم الذي توفره بيئة نظام التشغيل Windows. ومن ثم يتم تخزين بيانات الصورة تحت أي نوع من أنواع ملفات الصور (....., TIF, JPG, BMP).

المرحلة الثانية (اختبار الصورة): الهدف من هذه المرحلة هو تحويل الصورة الخام (الصورة الأصلية دون إجراء أي معالجة عليها) إلى هيئة مناسبة للعمل في المراحل اللاحقة، ويتم ذلك بتحويلها إلى صورة ثنائية حاوية على حدود وحافات الأشكال فقط، إذ أن سُمك حدود الشكل (هيكل الشكل) يجب أن يكون بعرض نقطة صورية واحدة. ولغرض زيادة كفاءة الخوارزمية المقترحة فإن الصور المدخلة (المختبرة) يمكن أن تكون أحد الأنواع الآتية:

❖ الصور الملونة: إذا كانت الصورة المدخلة من نوع الصور الملونة فيتم تحويلها إلى صورة رمادية قبل تحويلها إلى صورة ثنائية حيث يتم تكوين لوحة المستويات الرمادية (Gray-level Palette) بمليء السجل الخاص بجدول الألوان الأساسية (RGB) بقيم متساوية للألوان الرئيسية الثلاثة حسب المعادلة الآتية [Umbaugh, 1998]:

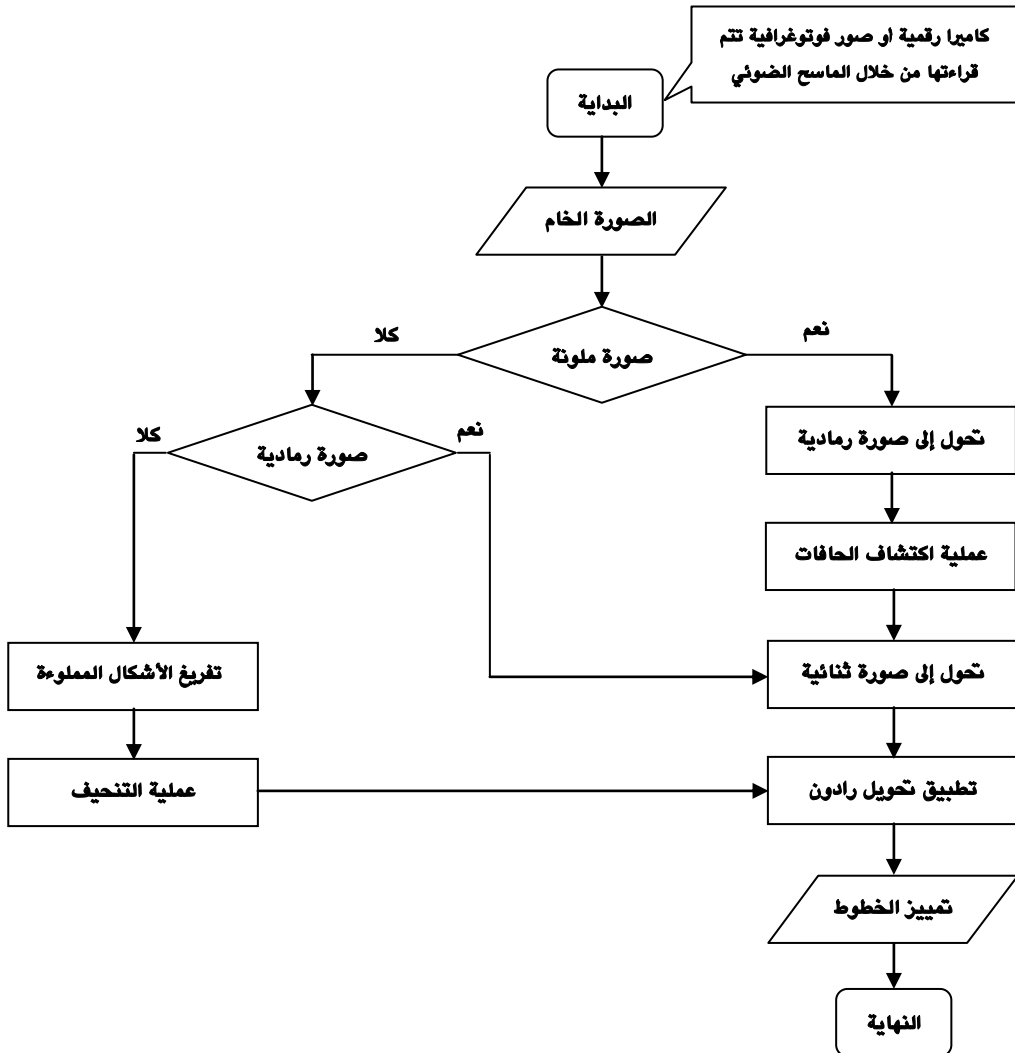
$$Gray = 0.2990R + 0.587G + 0.114B \quad \dots\dots\dots(4)$$

❖ الصور الرمادية: أما إذا كانت صورة الإدخال ذات مستويات رمادية، فإنها تحتاج إلى طريقة لتمييز واستخلاص حافاتها والتي تؤدي إلى الحصول على صورة ثنائية تحتوي على حدود وحافات الأشكال التي تحتويها الصورة وبسبك نقطة واحدة فقط.

❖ الصور الثنائية: أما إذا كانت صورة الإدخال المختبرة صورة ثنائية في الأصل فيتم :
أولاً: تفريغ الأشكال المملوءة (Skeletonization) من خلال استخدام أحد نوافذ المرشحات الخاصة بالصور الثنائية مع الأخذ بنظر الاعتبار تحديد سُمك الخط المطلوب تركه لتمثيل حدود الشكل المملوء لأجل الحصول على صورة تحوي هياكل الأشكال التي تحويها الصورة المدخلة وبخط رسم ذو عرض نقطة واحدة فقط.

ثانياً: بعد عملية تفريغ الأشكال سوف يتم تطبيق عملية التنعيف (Thinning) على الصورة لأجل إزالة المعلومات الزائدة التي قد تزيد من الوقت اللازم للعمليات اللاحقة ومن ثم الحصول على هيكل الشكل المطلوب مع الاحتفاظ بجميع مكونات الصورة بأشكالها الصحيحة [الحيالي، ٢٠٠٢].

المرحلة الثالثة (تمييز الخطوط المستقيمة): الهدف من هذه المرحلة هو تحديد مواقع الخطوط المستقيمة التي تم الحصول على قطع حافاتها من المرحلة السابقة، حيث يتم تطبيق تحويل رادون لاستخلاص وتمييز الخطوط المستقيمة التي تحتويها الصورة الثنائية.



الشكل (٤) المخطط التنفيذي العام للخوارزمية المقترحة

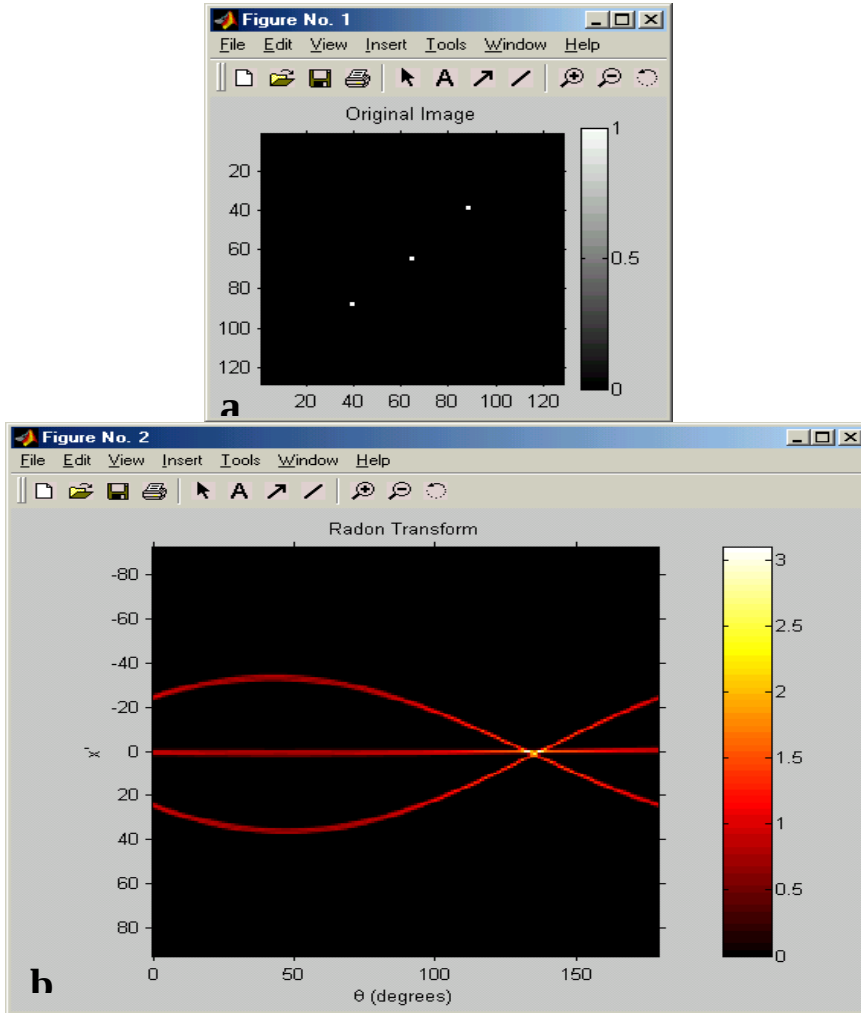
الأمثلة التطبيقية والنتائج (Practice Experimental Models & Results):

تم في هذا البحث عرض بعض الأمثلة التطبيقية للخوارزمية المقترحة، حيث تمت برمجة المخطط المقترح في الشكل (٤) لأجل تصميم تلك الخوارزمية. وقد أظهر التطبيق العملي نتائج تعد إيجابية، ويؤمل أن تؤدي البحوث الجارية إلى تحسين هذه النسبة. إذ لوحظ أن نقل صورة المقاطع الخطية من الحيز المكاني إلى تحويل رادون أدى إلى استخراج زوايا انحدارات (ميل) الخطوط المستقيمة للحواف المكتشفة في الصورة الثنائية والتي تم الحصول عليها من خلال استخدام إحدى طرق كشف الحواف المتوفرة من قبل اللغة البرمجية المستخدمة في هذا البحث (Matlab v.6)، حيث يلاحظ وجود نقاط مضيئة (قمم) في صورة تحويل رادون (طيف الخطوط) والتي تمثل الخطوط المستقيمة الممكنة (المحتملة) في الصورة الثنائية، ويكون عدد هذه القمم مساو لعدد الخطوط المستقيمة التي تحتويها الصورة الأصلية. وتوضح الأشكال (٥)، (٦)، (٧)، (٨) تطبيق تحويل رادون لنماذج صور مختلفة تم إدخالها إلى الحاسبة كما مذكور آنفاً، ومن ثم استخراج القيم (θ, ρ, L) حيث θ تمثل زاوية ميل الخط المتعامد مع الخط المستقيم المار بنقطة الأصل (مركز الصورة). أما ρ فتمثل البعد العمودي للنقطة (أو الخط المستقيم) عن نقطة الأصل. في حين تمثل L قيم أعلى القمم في مصفوفة تحويل رادون (الخطوط المستقيمة المكتشفة).

الاستنتاجات (Conclusions):

عند تطبيق الخوارزمية المقترحة في هذا البحث على عدد من نماذج الصور، تمت ملاحظة الاستنتاجات الآتية والتي ظهرت من خلال النتائج التطبيقية: إن نقل صورة المقاطع الخطية من الحيز المكاني إلى تحويل رادون أدى إلى استخراج زوايا انحدارات (ميل) الخطوط المستقيمة المكونة للحواف المكتشفة في الصورة الثنائية والتي تكون العنصر الأساس لجميع الأشكال الهندسية المنتظمة والمعروفة في علم الهندسة. تأثير التشوهات في بعض الصور على دقة الخطوط المستقيمة المستخلصة وعلى مناطق الإنقطاعات الحاصلة بين الخطوط، وبالتالي صعوبة تحديد هل هذا الإنقطاع أصلي أم نتاج التشوهات الموجودة في الصورة ذاتها.

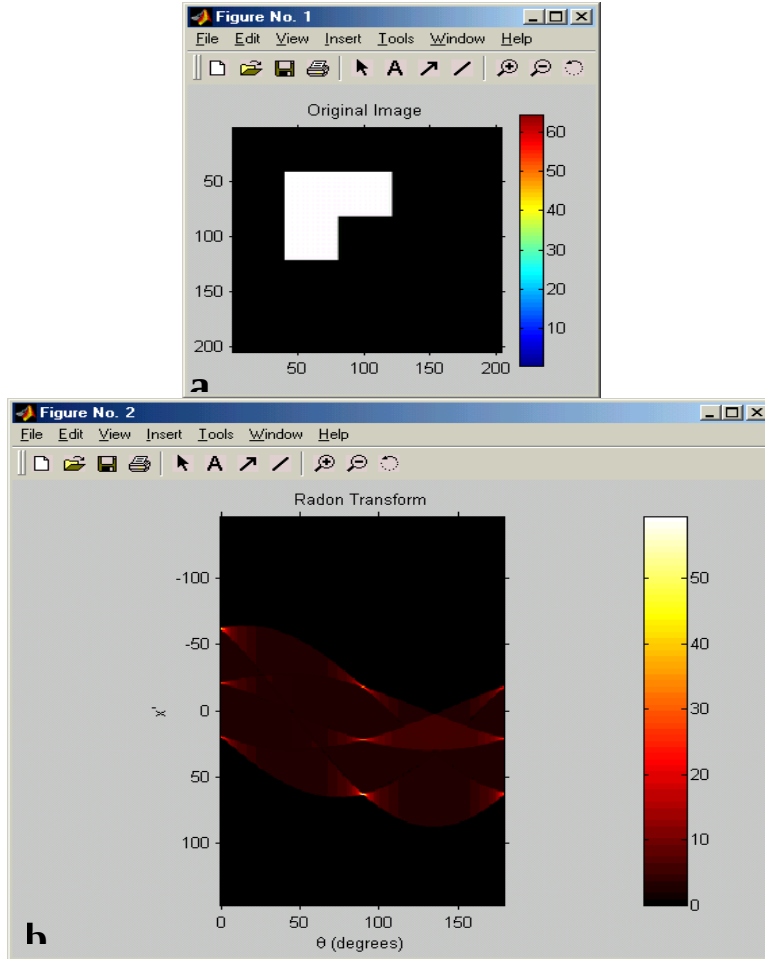
عند تطبيق الخوارزمية على الصور الجوية (الملتقطة من قبل طائرات التصوير الجوي) أو المرئيات الفضائية (الملتقطة من قبل المنصات الفضائية)، لوحظ أن التراكيب التي تحتويها تلك الصور تكون متداخلة إلى حد المبالغة أو فقدان في اكتمال تلك التراكيب، وهذا يسبب حدوداً غير دقيقة وأشكال غير منتظمة وذات حافات صغيرة ومتعرجة. لوحظ عند تطبيق الخوارزمية المقترحة على صور الخطوط المستقيمة المرسومة في الحاسبة باستخدام أدوات الرسم (Paint Tools) لبرامج الرسومات التي توفرها بيئة نظام التشغيل (Windows)، حيث تكون هذه الأشكال منتظمة، عليه تكون النتائج دقيقة بشكل أكبر وبالتالي اكتشاف الخطوط المستقيمة بصورة صحيحة وبدقة عالية.



الشكل (٥) تطبيق تحويل رادون عل صورة تحوي ثلاثة نقاط واقعة على استقامة واحدة: (a) صورة إدخال ثنائية تم اعتمادها من خلال إمكانية الرسم التي توفرها بيئة نظام التشغيل. (b) طيف صورة الإدخال بعد تطبيق تحويل رادون عليها، حيث نلاحظ تقاطع ثلاثة منحنيات (Three Sinusoidal Curves) كل منحنى يقابل موقع النقاط المكانية (Spatial Location) في الصورة الأصلية مكونة قمة مضيئة واحدة لإحداثيات القيم الآتية التي تكون تلك النقاط:

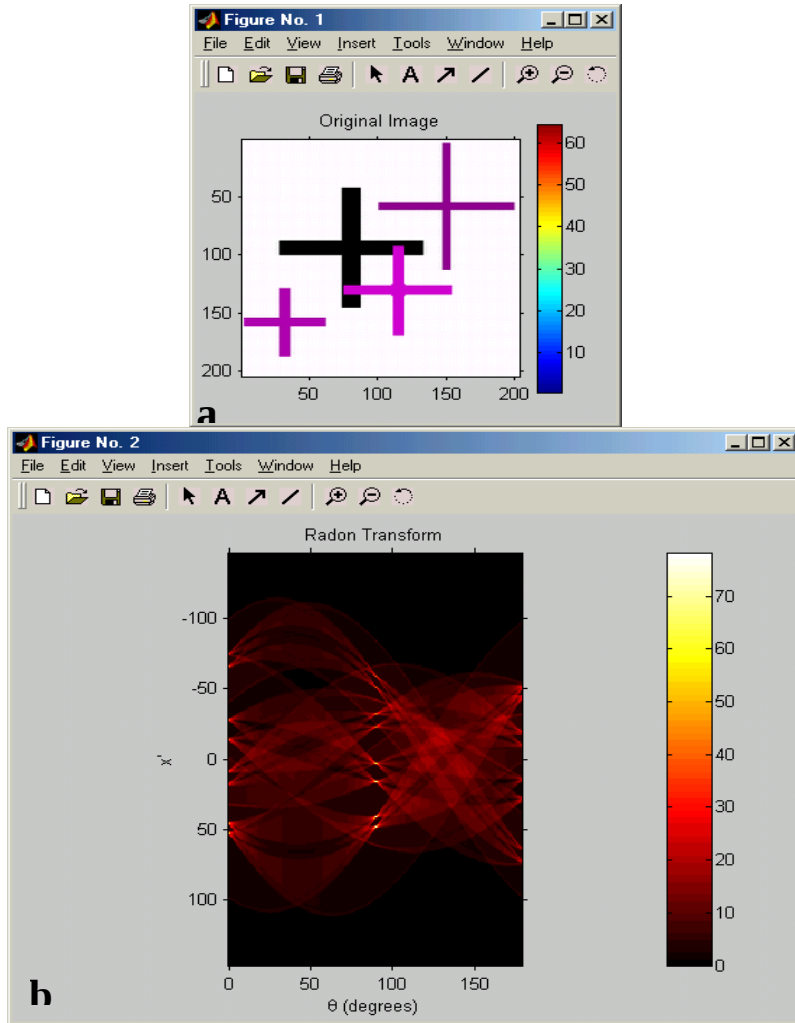
الجدول (١) قيم تمثل خط مستقيم واحد تم استخلاصه من الشكل (٥).

θ	ρ	L
134	0	3



الشكل (٦) تطبيق تحويل رادون على صورة ثنائية تمثل شكل هندسي: (a) صورة إدخال تم اعتمادها من خلال إمكانية الرسم التي توفرها بيئة نظام التشغيل. (b) طيف صورة الإدخال بعد تطبيق تحويل رادون عليها، حيث نلاحظ تقاطع العديد من المنحنيات (Multi Sinusoidal Curves)، كل منحنى يقابل موقع النقاط المكاني في الصورة الأصلية مكونة قمم من النقاط المضبوطة لإحداثيات القيم الآتية التي تكون ذاك الشكل: الجدول (٧) قيم تمثل ثلاثة خطوط مستقيمة تم استخراجها من الشكل (٦).

θ	ρ	L
91	63	58
180	62	42
1	-62	59



الشكل (٧) تطبيق تحويل رادون على صورة ملونة تمثل شكل هندسي متكرر: (a) صورة إدخال تم إدخالها إلى الحاسبة باستخدام جهاز الماسح الضوئي. (b) طيف صورة الإدخال بعد تطبيق تحويل رادون عليها، حيث نلاحظ تقاطع العديد من المنحنيات (Multi Sinusoidal Curves) كل منحنى يقابل موقع النقاط المكاني في الصورة الأصلية مكونة قمم من النقاط المضيئة لإحداثيات القيم الآتية التي تكون تلك الأشكال:

الجدول (٣) قيم تمثل خطين مستقيمين تم استخلاصهما من الشكل (٧).

θ	ρ	L
91	41	70
1	52	78

المصادر (References):

١. الحبش، محمد فوزي، (١٩٩٤): المعالجة الرقمية للصور، المجلة العربية للعلوم، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، العدد (٢٤) - السنة الثانية عشرة، تونس.
٢. العزوي، فدوى صبحي مصطفى، (٢٠٠٢): تمييز المرئيات باستخدام المتجهات النمطية العشوائية والعزوم الثابتة، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.
٣. ليلساند، توماس م. وكيفر، رالف و.، (١٩٩٤): الإستشعار عن بعد وتفسير المرئيات، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، ترجمة الدكتور حسن حلمي خاروف، تدقيق الدكتور فؤاد العجل، الجمهورية العربية السورية.
4. Ernest L.H., (1979): Computer Image Processing and Recognition, Academic Press, New York, USA.
5. Fisher R., Perkins S., Walker A. and Wolfart E., (2002): Image Processing Learning Resource, HIPR2, Explore with JAVA, USA.
6. Gonzalez R.C. and Paul W., (1987): Digital Image Processing, Addison -Wesley Publishing Company, Inc., USA.
7. Jenson J.R., (1986): Introductory Digital Image Processing, A remote Sensing Perspective, Prentice-Hall, USA.
8. Mather P.M., (1987): Computer Processing of Remotely Sensed Images, an introduction, John Wiley and Sow, USA.
9. Sabins F.F., (1987): Remote Sensing Principle and Interpolation, 2nd edition, Remote Sensing Enterprises, New York, USA.
10. Umbaugh S.E., (1998): Computer Vision and Image Processing: Practical Approach Using CVIP tools, Prentice-Hall, PTR, USA.
11. Young I.T., Gerbrands J.J. and vanVliet L.J., (2002): Morphology-based Operations, Fundamentals of Image Processing, Delft University of Technology, 1-110, Delft, Netherlands.