دمج تحويلي رادون وهوف لتمييز معلومات الأبنية المكانية في مرئية فضائية*

لمى أكرم عبد الله الصفار

مدرس مساعد، كلية التربية، جامعة الموصل

الملخص

طور العديد من الباحثين خوارزميات إكساب الحاسب الآلي القدرة على الإبصار البشري، وذلك من خلال تحليل الأشكال التي تحتويها الصورة إلى معلومات هندسية ذات صفات بنيوية ومن ثم تمييز تلك الأشكال آلياً بالإبصار الحاسوبي للمشهد المصور، كتحليل الصور المكتسبة آلياً وتحليل الصور المرسلة وتفسيرها من المجسات الفضائية ومعالجة بصمات الأصابع وتمييز الوجوه فضلاً عن تحليل صور الكتابات الحديثة أو القديمة كالرقم الطينية.

تم في هذا البحث تمييز المعلومات المكانية المتمثلة بأشكال الأبنية في صورة مرئية فضائية والتي تم تحويلها إلى مصفوفة نقاط صورية بعد إدخالها إلى الحاسبة للتعامل معها في لغة MatLab الإصدار V.7.6.0 المستخدمة في هذه الدراسة.

تم تحليل العلاقات الموقعية للصورة المختبرة كنموذج هرمي لاستخلاص الخطوط المستقيمة التي تم الحصول عليها بدمج وتطبيق تحويلي رادون وهوف على الصورة الثنائية بعد تقطيعها بتقنية التجاور الثماني للحصول على حواف مترابطة وتحويلها إلى فضاء من الخطوط المحتملة يتم ترميزها بإضافة قيم لونية عليها لأجل تمييز التراكيب الهيكلية للأبنية في الصورة المختبرة.

(*) **تم استلام البحث في ٢٠١١/٥/٥ وحصل على قبول النشر في ٢٠١١/١٠/٤.**

Recognition of Spatial Buildings information in Satellite Image by Conflation Radon and Hough Transformations

Luma Akram Al-Saffar
Asst. Lect., College of Education, Mosul University

Abstract

Computer algorithms with human vision capabilities has been developed by several researchers through analyzing image details into structural based geometrical data and then recognizing these images by computer visualization of the scene, such as the analysis of automated images acquired, exploring space probes images, finger prints processing and facial recognition as well as the analysis of images of modern or ancient writings like clay tablets.

This research has tackled and distinguished spatial information represented by forms of buildings in a satellite image converted into a pixels matrix after been accessed to a MatLab V.7.6.0 based computer.

The spatial relations of the tested image are analyzed in accordance to a hierarchical model for the purpose of extracting the straight lines which were gained through the conflation and application of Radon with Hough transformations to the binary image after being segmented by octagon adjacency technology(8-connectivity), in order to gain the connected edges and then transforming them into a domain of potential lines which are encrypted by adding chromatic values for the purpose of recognizing the structural buildings in the image from the tested one.

١. **تمهيد (Preface):**

يُعد تحليل وتمييز الأشكال التي تحتويها الصور الرقمية (Image Analysis) إحدى تطبيقات حقل الإبصار الحاسوبي (Computer Vision) إذ يتم إكساب الحاسب الآلي القدرة على الإبصار والتعرف وتحليل الصور إلى معلومات هندسية وصفات بنيوية للأشكال المكونة لتلك الصور لكي يتمكن الحاسب التعامل مع هذه الأشكال حسب قاعدة المعرفة المتوفرة لديه.

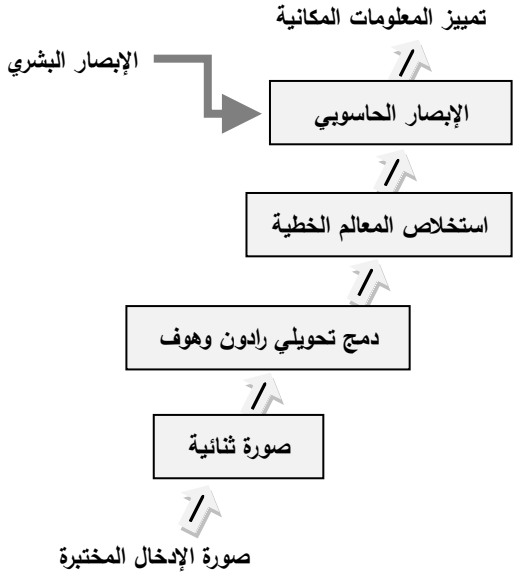
تستند خوارزميات الإبصار الحاسوبي إلى أساس الافتراضات التي تتطابق مع الإبصار البشري (Human Vision) في تمييز الأشياء، أي إن التعرف على الأشكال المعقدة في الصور يتم من خلال التعرف على الأنماط الأساسية في الشكل (Elementary Patterns) ثم يتم التعرف على الأنماط الأكثر تعقيداً من خلال العلاقات الموقعية (Positional Patterns) بين أشكال الصورة (Cardoso, 1999) وبالتالي استخلاص خواص الصور والحصول على المعلومات المكانية والتي تتمثل بالأبنية، فالأبنية لها نمطها الخاص بها مما يجعلها مرجعاً مهماً يمكن مقارنتها مع المظاهر الأرضية التي تحتويها الصور والذي يساعد في الحصول على التحليل الدقيق لتلك الصور.

ويعرض الشكل (١) أنموذج تمثيل الإبصار الحاسوبي المتبع في هذا البحث والذي يسمى بالأنموذج الهرمي (Hierarchical Model)، (Cardoso, 1999). إذ الإدخال يمثل الصورة الخام المختبرة والتي يتم تمثيلها بمصفوفة من النقاط الصورية (Pixels) كل نقطة تحوي قيمة عددية تمثل قيمة الشدة اللونية للصورة (z) وتكون مرتبة في خطوط وأعمدة منتظمة (x, y)، الشكل (٢).

ثم المراحل الرئيسة المعتمدة في هذه الدراسة متمثلة باستخلاص المعالم الخطية المستقيمة من خلال تقطيع ونقل بيانات تلك المقاطع من الحيز المكاني (Spatial Domain) إلى فضاء تحويل رادون (Radon Transform) لأجل استخراج زوايا ميل الخطوط المستقيمة للحواف المكتشفة في الصورة الثنائية ومن ثم تطبيق تحويل هوف

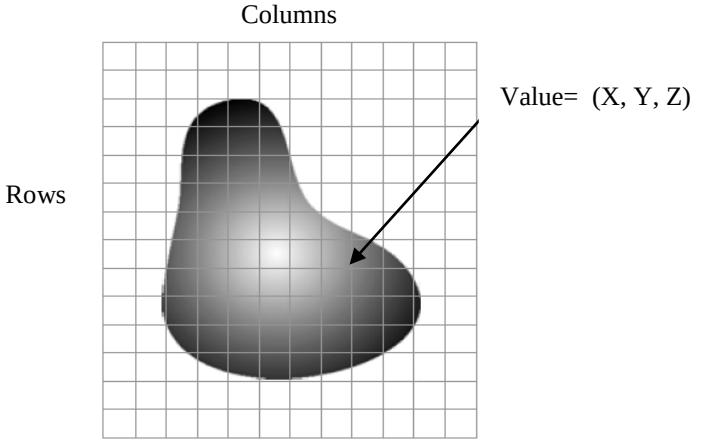
(Hough Transform) على تلك الزوايا للحصول على إحداثيات الخطوط المستقيمة المكتشفة.

أما الإخراج فيمثل قاعدة معرفة حاسوبية تتطابق مع قاعدة المعرفة البشرية لأجل عمليات الكشف الآلي وتمييز الأنماط.



شكل (١)

الأنموذج الهرمي للإبصار الحاسوبي المتبع في هذا البحث



شكل (٢)

تمثيل مصفوفة صورية لصورة رقمية (Gonzalez & Woods, 2002 2rd Ed)

٢. هدف البحث (The Aim of the Study):

الهدف من هذا البحث هو تقديم خوارزمية مناسبة كنمط تطبيقي لتكنولوجيا الحاسب الآلي والتي تهتم بإنجاز وظائف خاصة في مجال معالجة المعلومات (الإبصار الحاسوبي) وتحليلها بما يتفق مع الهدف التطبيقي لها وبالتكامل مع أساليب التحليل البصري (الإبصار البشري) للكشف عن معلومات الأبنية المكانية في مرئية فضائية (صور ملتقطة من المنصات أو السواتل الفضائية (Satellite Airborne Images)) أو صور جوية (صور ملتقطة من طائرات التصوير الجوي (Aircraft Airborne Images)).

نتائج هذه الدراسة بالإمكان اعتمادها في مسح وتقييم الأغطية أو المناطق السكنية (Urban) بأساليب التحليل الرقمي (Digital Analysis) واستخلاص المعلومات منها بما يخدم أغراض المشاريع المنفذة أو الجهات المستفيدة كأجهزة التخطيط العمراني والمراكز البحثية.. إذ يتم تقديم البيانات على شكل صور يتم تحليلها وتوثيقها كأساس في تصميم منظومات رصد الأهداف الأرضية المتمثلة بمعلومات الأبنية المكانية، فالأبنية لها مظهر خاص بها يقترن

ظهورها بالخطوط المستقيمة، مما يجعلها مرجعاً مهماً يمكن مقارنتها آلياً مع المظاهر الأرضية المجاورة للحصول على تحليل دقيق لتلك البيانات، فضلاً عن استيعاب كم البيانات الفضائية لأجل توفير الوقت والجهد البشري.

٣. هيكل البحث (The Scope of the Study):

لغرض تحقيق هدف البحث تم عرض تمهيد عام لمراحل خوارزمية العمل المتبعة وتوضيح الهدف الرئيس من هذه الدراسة، وسيهتم الجزء المتبقي بتعريف الخطوط المستقيمة وتمثيلها التي تتضمنها الصورة والتي يقترن ظهورها بتراكيب هياكل الأبنية موضع اهتمام البحث، مع تعريف وتوضيح لتحويلي رادون وهوف اللذين تم دمجهما في خوارزمية البحث لأجل اكتشاف ميل الخطوط المستقيمة وتحديد نهاياتها بعد استخلاص المقاطع الخطية المترابطة من الصورة الثنائية (Binary Image) وتقطيعها (Line Segmentation) باستخدام تقنية التجاور الثماني (8-Connected).

وأخيراً تضمن البحث الجانب التطبيقي من حيث عرض النتائج والاستنتاجات والتوصيات اللتين تم التوصل إليهما بعد تطبيق خوارزمية العمل على صورة الإدخال المختبرة في هذا البحث.

علماً أنه بالإمكان اختبار أكثر من أنموذج صورة في البحث للتأكد من كفاءة خوارزمية العمل على كل أنواع الصور الرقمية الملونة والرمادية بكل هيئاتها وليس فقط على صور المرئيات الفضائية، ولم يتم إدراجها في هذه الدراسة بسبب محدودية حجم البحث فعندما يتم تطبيق الخوارزمية على أنموذج صوري آخر سيتم عرض كل خطوات البحث للوصول للنتيجة النهائية.

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

تحوي الصور المسحوبة بجهاز الماسح الضوئي (Scanner) أو المكتسبة بأجهزة التصوير الرقمية (Digital Camera) معالم صورية ثنائية البعد (2D) ناتجة من تسقيط الأشكال الثلاثية البعد (3D) على مستو ثنائي البعد.

تعتمد درجة الإضاءة عند أي نقطة من نقاط الصورة على الموضع الهندسي لنقطة النظر (Viewing Point) بالنسبة للمنظر المصور، إذ إنها تتأثر بالمسافة بين نقطة النظر ومحتويات المنظر والزاوية التي تصنعها سطوح هذه المستويات مع نقطة النظر، أي إنها تتأثر بنوع المسقط (جانبي أو عمودي)، فصور الوجوه عادةً تؤخذ من زوايا مختلفة وبمساقط جانبية ومن مسافات قريبة، لذا يكون الاختلاف كبيراً في مثل هذه الصور، أما الصور الملتقطة من ارتفاعات عالية حتى وإن كانت بزوايا مختلفة تكون درجة التباين الهندسي فيها قليلة، لذا فالخصائص التي يمكن أن تكون فعالة لتمييز صور الوجوه ليس بالضرورة أن تكون فعالة لتمييز الصور الملتقطة من ارتفاعات شاهقة والعكس صحيح (الياسين، ٢٠٠٠). فضلاً عن اختلاف ظروف الإضاءة أثناء التصوير الجوي أو الفضائي لسطح الأرض وكذلك صعوبة معرفة الحالة الدقيقة للمتحسسات المستخدمة في التقاط الصور.

تكون المعالم الصورية المكتسبة إما منتظمة(أشكال ذات صفات هندسية ثابتة محددة) أو غير منتظمة (أشكال عشوائية ذات نسق غير ثابت وغير محدد). وبما أن التراكيب الهيكلية للأبنية ذات صفات هندسية محددة (معالم منتظمة) فقد تم التركيز في هذه الدراسة على الخطوط المستقيمة المقترن ظهورها بالمعالم الاصطناعية كمعلومات الأبنية المكانية.

تبقى مسألة معالجة الخطوط المستقيمة التي تحتويها الصور الرقمية من التطبيقات المهمة في المعالجات الصورية (Image Processing) وتمييز الأنماط (Pattern Recognition) واستخلاص الخواص (Feature Extraction). ومع تلك الأهمية بقيت الخوارزميات التي تعمل على اكتشاف الخطوط المستقيمة تعاني من مشاكل كثيرة منها: (البياتي، ٢٠٠٢)

- العمليات الحسابية الكثيرة التي تستغرق وقتاً طويلاً عند التنفيذ.
- عدم تمكنها من تحديد بداية الخط المستقيم ونهايته.
- مشكلة استمرارية الخط المستقيم، إذ 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 نقاطاً لا تنتمي إلى قطعة الخط المستقيم مما يؤدي إلى حدوث تقطيع في تلك القطعة الخطية.

٥. طرائق اكتشاف الخطوط المستقيمة:
(Methods of Detection the Straight Lines)

٥-١ طريقة المطابقة القالبية (Template Matching):

تعدّ هذه الطريقة من الطرائق التقليدية في تمييز الخطوط المستقيمة التي اعتمدت على الوصف المكاني (Spatial Domain) للصورة، والتي استخدمت مبدأ اللف الرياضي (Convolution Theory) لنقاط الصورة بأربعة نوافذ (Masks) ذات أبعاد (3*3) والتي تؤدي إلى إنتاج أربع صور جديدة عند معالجة الصورة المختبرة، تحتوي كل صورة على خطوط مستقيمة تميل بإحدى الزوايا: صفر، ٤٥، ٩٠، ١٣٥ (العبيدي، ٢٠٠٢)، الشكل (٣).

0	1	0
0	1	0
0	1	0

0	0	0
1	1	1
0	0	0

1	0	0
0	1	0
0	0	1

0	0	1
0	1	0
1	0	0

شكل (٣)

النوافذ الأربعة المستخدمة لاكتشاف الخطوط المستقيمة بطريقة المطابقة القالبية

وعلى الرغم من أن هذه الطريقة سهلة الاستخدام وتحافظ على الإحداثيات المكانية لأجزاء الصورة، وبالإمكان استخدامها في تمييز حروف الكتابة المطبوعة وقراءة صكوك البنوك، إذ إن كل حرف يمكن تمثيله رقمياً قبل حساب درجة التطابق (Plamondon & Srihari, 2000). إلا أنها تعاني من بعض السلبيات التي تجعلها

غير فعالة في تطبيقات المعالجات الصورية التي تهتم باستخلاص الخطوط المستقيمة الدقيقة، ومن هذه المشاكل: (العبيدي، ٢٠٠٢)

- بإمكان هذه الطريقة تمييز الخطوط المستقيمة التي لها انحدار (0, 45, 90, 135) فقط مما يجعلها عاجزة أمام المستقيمات التي لها انحدار خارج الزوايا المذكورة. وعلى الرغم من إمكانية توسيع نطاق الزوايا من خلال توسيع النوافذ الأربع أعلاه، إلا أنها لا تتمكن من تغطية كل الانحدارات (0-179) درجة، والذي يؤدي إلى زيادة عدد النوافذ لكي تغطي كل احتمالات الخطوط التي تحتويها الصورة، والذي يؤدي بدوره إلى زيادة حجم الذاكرة المستخدمة ووقت التنفيذ بسبب عمليات المقارنة الكثيرة التي ستمر بها الصورة.
- زيادة حجم الذاكرة المستمر بزيادة عدد الصور، إذ دائماً تتكون صور جديدة ذات حجم مماثل لحجم الصورة المختبرة وبعدد النوافذ المستخدمة نفسها في عملية اللف الراضي.
- تقطيع المستقيم الحاوي على تعرجات بسيطة (نقط تحيد عن مسارها) إلى مقاطع تؤدي إلى فقدان خاصية الاستمرارية للخطوط المستقيمة.
- كما أن هذه الطريقة لا تعطي نتائج دقيقة عند دوران القوالب المختبرة أو تزحيفها أو تصغيرها وتكبيرها، فضلاً عن أن وجود الضوضاء (Noise) في الصورة سيؤثر بشكل كبير على نتيجة التطابق (John & Hussain, 2001).

٢-٥ طريقة تحويل هوف (Hough Transformation):

اعتمد العديد من الباحثين تحويل هوف كوسيلة لتمثيل الأشكال الهندسية في الذاكرة، وذلك بإعطاء الميل والبعد العمودي للخط المستقيم عن نقطة الأصل (الزاوية العليا اليسرى) للصورة وإيجاد الإحداثيات المكونة للخطوط المستقيمة المحتملة في الصور الثنائية، الشكل (٤-أ).

ولفهم تحويل هوف سيتم تعريف معادلة الخط العمود على الخط المستقيم وكما يأتي:

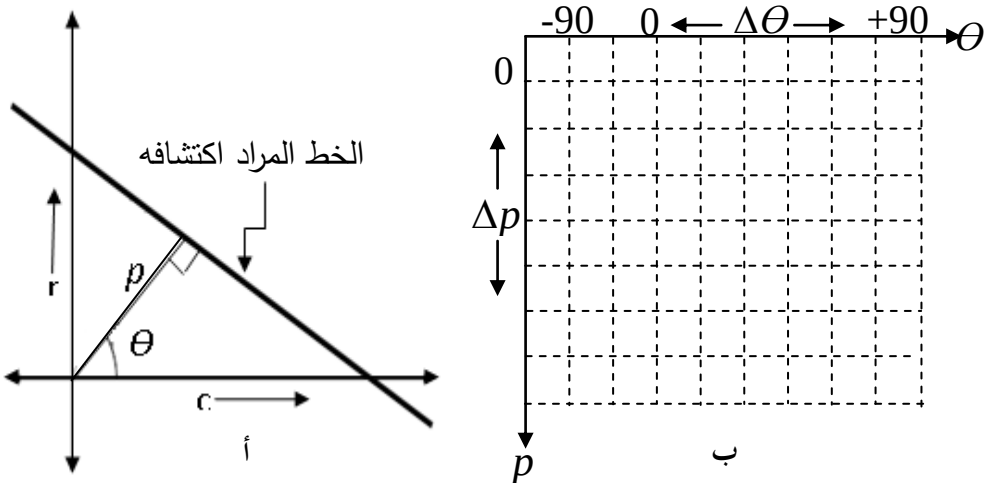
$$\rho = r\cos\theta + c\sin\theta \quad -----(1)$$

فعند وجود خط مستقيم في الصورة سيتم تعريفه بـ ρ وهي البعد العمودي من نقطة الأصل للصورة إلى الخط المستقيم، و θ وهي الزاوية بين محور الصفوف (r-axis) والخط ρ.

ولكل زوج من قيم ρ,θ يتم تعريف خط معين، لذلك فالمدى لـ θ هو (180) درجة، وأكبر مدى لـ ρ هو من الصفر إلى أطول بعد عمودي عن نقطة الأصل لنقاط الصورة.

ولتقليل وقت البحث في مجال تحويل هوف يتم تقليل حجم مجال ρ,θ واختصاره. والشكل (٤-ب) يوضح هذه الآلية وذلك بتقسيم مجال هوف إلى عدد من الخلايا (Cells)، كل خلية تقابل خطاً معيناً أو مجموعة من الخطوط الممكنة (المحتملة) اعتماداً على قيمة الزيادة لكل من قيم ρ,θ والتي تحدد حجم الخلية.

علماً أن حجم الخلية يتناسب طردياً مع دقة الخطوط المستقيمة المستخلصة، هذا يعني أن زيادة حجم الخلية سيؤدي إلى تقليل عدد خلايا المجال، وبالتالي فإن وقت البحث سيقل تبعاً لذلك، وهذا على حساب دقة الخطوط المستقيمة المستخلصة من الصورة (الحيالي، ٢٠٠٢).



شكل (٤)

(أ) وصف معاملات تحويل هوف (McAndrew, 2004)

(ب) وصف مجال تحويل هوف (Umbaugh, 1998)، (Gonzalez & Woods, 2008, 3rd Ed)

تتكون خوارزمية تحويل هوف، الشكل (٥) من ثلاثة خطوات أساسية (Umbaugh, 1998):

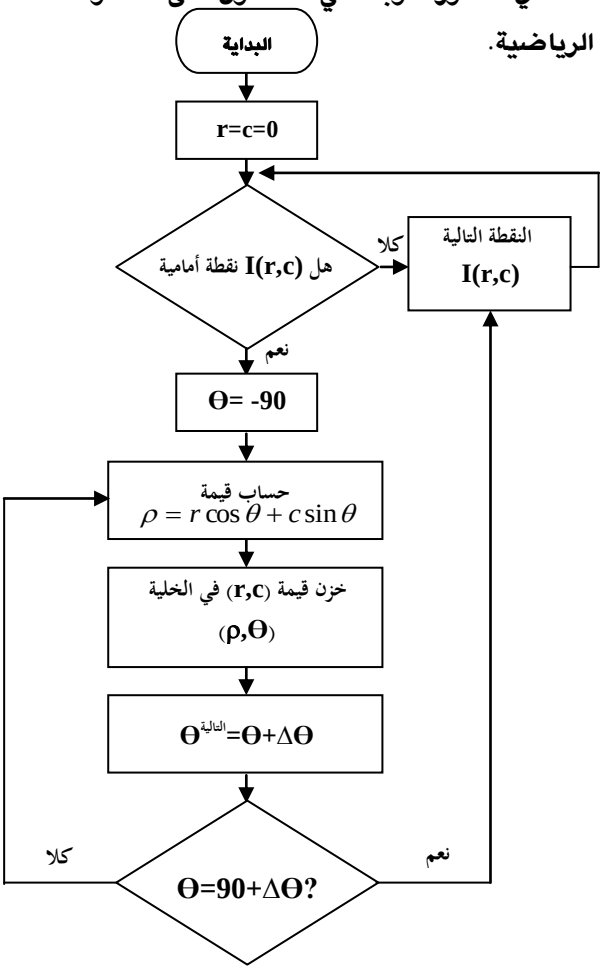
يتم ضبط حجم مجال تحويل هوف من خلال تحديد مقدار الزيادة المناسبة لقيم كل من ρ, θ **والمتمثلة بـ** $\Delta\rho, \Delta\theta$.

لكل نقطة أمامية (Foreground) **في الصورة، يتم وضع قيم كل من** r, c **في المعادلة(١) آنفاً، ثم يتم حساب قيمة** ρ **لكل قيم** θ **في الصورة.**

لكل زوج من قيم ρ, θ **من الخطوة الثانية أعلاه، يتم خزن نقاط** (r-axis) **و**(c-axis) **في الخلية المقابلة في المجال، والذي يمثل زيادة عدد نقاط تلك الخلية.**

تستمر العملية لحين فحص كل نقاط $I(r,c)$ فيكون وزن أيَة خلية يقابل عدد النقاط الواقعة على الخط المستقيم المحدد بقيم ρ,θ لتلك الخلية.

أما الإخراج من التحويل فيتمثل بمصفوفة المجال الثنائية البعد، إذ يتم البحث عن النهايات العظمى أو اللامعة (Peaks) في المصفوفة والتي تدل على الخطوط المحتملة في الصورة، وبالتالي الحصول على الخطوط المستقيمة الموجودة مع خواصها الرياضية.



شكل (٥)

المخطط الانسيابي العام لتحويل هوف

٥-٣ طريقة تحويل رادون (Radon Transformation):

يعد تحويل رادون من أكفأ الطرق المستخدمة في اكتشاف الخط المستقيم والمنحنيات، وكان اكتشافه لأول مرة عام (١٩١٧) من قبل العالم جوهان رادون (العبيدي، ٢٠٠٢). وفي السنوات الأخيرة استمال هذا التحويل اهتماماً كبيراً من قبل الباحثين وذلك لقابليته على تحويل الصور ثنائية البعد الحاوية على المقاطع الخطية المستقيمة إلى مجال آخر هو مجال الخطوط الممكنة أو المحتملة، إذ إن كل خط تتضمنه الصورة سيعطي نهاية عند معاملات ذلك الخط في الصورة (عند البعد العمودي لذلك الخط عن مركز الصورة وزاوية ذلك العمود مع المحور الأفقي (Tof's, 1996).

إن الخاصية المهمة جداً التي تميز هذا التحويل هي قدرته على اكتشاف المقاطع الخطية المستقيمة في الصور شديدة التشوه، الشكل (٦). فضلاً عن ذلك فإنه يتمتع بخصائص أخرى منها:

يتم في هذا التحويل نقل مجال الصورة المختبرة من مجال الإحداثيات الديكارتي (Cartesian Domain) الذي يعتمد نقطة الأصل عند الزاوية العليا اليسرى من الصورة إلى مجال الإحداثيات القطبي (Polar Domain) الذي تكون كل نقطة للصورة الناتجة في هذا المجال خاصة بمقطع خطي واحد فقط في الصورة الأصلية (Cardoso, 1999).

إمكانية تطبيقه على الصور التي تحوي خطوط مستقيمة متقاطعة، الشكل (٧)، إذ إن قيم فضاء رادون تعكس منحنيات النقاط المكونة للخطوط كل على حدا (الزبيدي، ٢٠٠٦).

التمييز بين المقاطع الخطية الواقعة على استقامة واحدة في تحويل رادون يعد مستحيلاً، وذلك لأن هذه المقاطع لها الصفات نفسها والموقع نفسه في الصورة الجديدة، والذي يتطلب عمليات معالجة إضافية للحصول على مقاطع هذه الخطوط (الحيالي، ٢٠٠٢).

٥-٣-١ تعريف تحويل رادون (Definition of Radon Transformation):

هناك عدة تعاريف رياضية لتحويل رادون، كلها لها علاقة بصيغة تعريف الخط المستقيم:

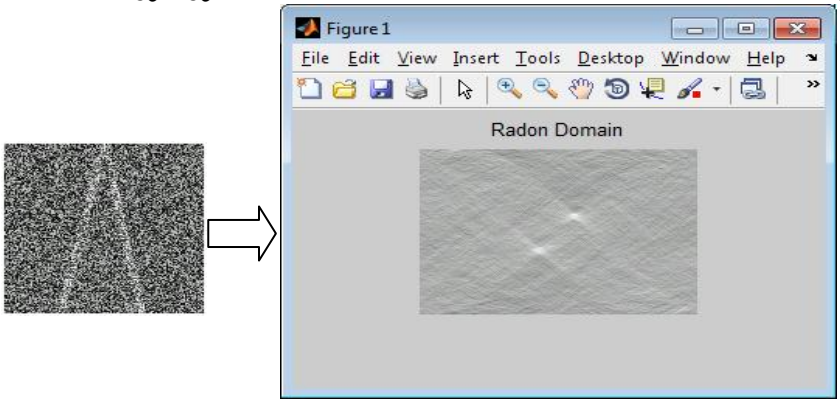
$$\rho = x*\cos(\theta) + y*\sin(\theta) \quad -----(2)$$

إذ: ρ : أقصر بعد للخط إلى نقطة أصل نظام الإحداثيين السيني (x) والصادي (y).

θ : زاوية ميل الخط المتعامد مع الخط المستقيم المار بنقطة الأصل (مركز الصورة).

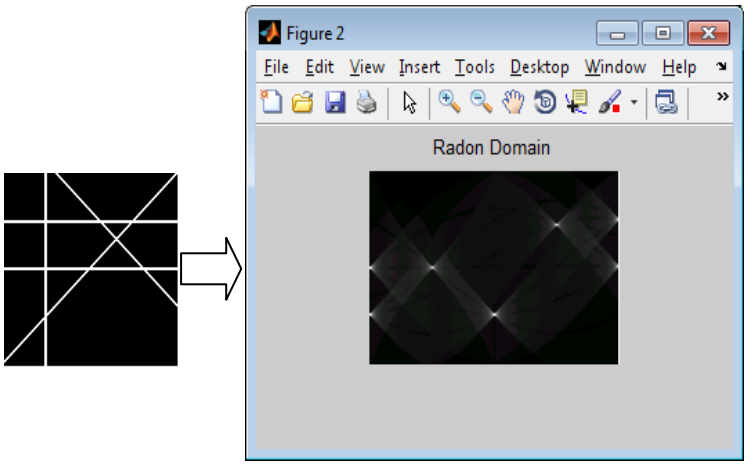
وتبين الصيغة الآتية لمجموعة المعاملات ρ, θ في المعادلة (٢) أعلاه أن الخط الواقع مقابل قيم هذه المعاملات هو تكامل المقطع الخطي للإحداثيين السيني والصادي لنقاط الصورة $g(x,y)$ على التوالي، أما الدالة δ فتمثل التكامل إلى الواحد فهي تعطي ما لا نهاية للقيمة (0) وصفر لكل القيم الأخرى (Tof's, 1996):

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



شكل (٦)

اكتشاف الخطوط المستقيمة في تحويل رادون لصورة شديدة التشوه



شكل (٧)

اكتشاف الخطوط المستقيمة في تحويل رادون لصورة تحوي خطوط مستقيمة متقاطعة

أطوار عمل البحث (The Stages of the Study):

يتم إدخال الصورة المختبرة للمرئية الفضائية المراد تمييز معلومات الأبنية المكانية فيها إلى الحاسبة الإلكترونية بواسطة الحساسات الضوئية كآلات التصوير الرقمية أو آلة الماسح الضوئي وتحويلها إلى مصفوفة نقاط صورية، الشكل (٨). علماً أن خوارزمية البحث بالإمكان تطبيقها على صور مكتسبة بكلا النوعين، ومن ثم تحويلها إلى صورة ثنائية اللون تحوي حافات وحدود الأشكال بعرض نقطة واحدة فقط وذلك بإزالة كافة معلومات الصورة باستثناء الحواف.

وفي هذا البحث تم استخدام صندوق أدوات المعالجة الرقمية(Tool Box) الذي توفره لغة البرمجة((MatLabV.7.6.0 (R2008a) المستخدمة في هذه الدراسة، إذ تم اعتماد تقنية كاني لكشف الحافة(Canny Gradient Technique) والتي تتضمن قيمتين للعتبة(Threshold) (عظمى وصغرى) تم تحديدهما آلياً باعتماد المدرج التكراري(Histogram) من قبل اللغة البرمجية، إذ بالإمكان تحديدهما خارجياً بطريقة

التجربة والخطأ وهذا بالتأكيد سيأخذ وقتاً كبيراً وكذلك يجب تغييرهما مع تغير صورة الإدخال المختبرة. علماً أنه تم تطبيق واختبار أكثر من تقنية في كشف الحافة أثناء إعداد هذا البحث كتقنية روبيرت، بريويت، سوبل،.. باستخدام قيمة واحدة فقط للعتبة تم تحديدها آلياً وخارجياً، إلا أنه تم اختيار مرشح كاني والذي يمكن من خلال قيمتي العتبة فيه انتقاء الحواف المطلوبة وتقليل التشوهات الناتجة عن عمليات كشف الحافة، كما موضح في المصدر (الزبيدي، ٢٠٠٦). فضلاً عن كفاءة هذه التقنية مع نوع الصور المستخدمة في هذه الدراسة. وأما الصورة المدخلة فتكون أحد النوعين الآتيين:

- **صورة ملونة (Color Image):** إذا كانت الصورة المختبرة من نوع الصور الملونة كـ (RGB) مثلاً، فسوف يتم تحويلها إلى صورة ذات مستويات رمادية قبل تحويلها إلى صورة ثنائية، الشكل (٩). ويتم ذلك بجمع نسب معينة من المستويات اللونية الأساسية (الأحمر، الأخضر والأزرق) لتكوين المستويات الرمادية الجديدة لكل نقاط المصفوفة الصورية، وحسب المعادلة الآتية: (Umbaugh,1998)

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad -----(4)$$

حيث: Y, R, G, B هي الألوان: الرمادي، الأحمر، الأخضر والأزرق على التوالي.

- **صورة رمادية (Gray-scale Image):** أما إذا كانت الصورة ذات مستويات رمادية، فسوف يتم تمييز حافاتها(Edge Detection) لتحويلها إلى صورة ثنائية، الشكل (١٠) قبل عملية تقطيعها بالاعتماد على الجارات الثمانية المحيطة للأخذ بنظر الاعتبار كل جهات التجاور للنقطة الواحدة، إذ يتم عزل مجاميع النقاط المتصلة مع بعضها البعض على أنها مناطق متجانسة وتقطيع مكونات الصورة على هذا الأساس، الشكل (١١)، والمعادلة (٥) (Fisher et al, 2002)

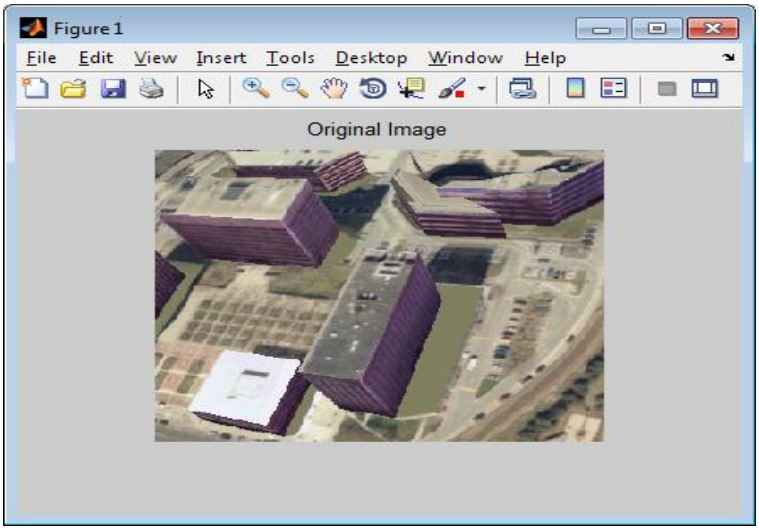
$$p(x,y) = \{(x+1,y),(x-1,y),(x,y+1),(x,y-1),\\ (x+1,y+1),(x+1,y-1),(x-1,y+1),(x-1,y-1)\} \quad -----(5)$$

حيث: $p(x,y)$ تمثل النقطة التي يتم إجراء المعالجة عليها.

تنويه (Mention): يمكن استخدام تحويل هوف للحصول على إحداثيات نقاط الخطوط المستقيمة التي تحويها الصور الرقمية وبزمن تنفيذي طويل، أما تحويل رادون فلا يمكن من خلاله الحصول على إحداثيات الخطوط المستقيمة ولكن زمن تنفيذه أقل بكثير من تحويل هوف، عليه تم أولاً تطبيق تحويل رادون في هذا البحث على الصورة الثنائية لتوفير وقت التنفيذ، وناتج التحويل هو مصفوفة ثنائية البعد تمثل الخطوط المستقيمة المستخلصة والتي يكون عدد نهاياتها مساوياً لعدد الخطوط المستقيمة التي تحويها الصورة المختبرة، إذ إن رقم السطر للنهاية يمثل البعد العمودي أما رقم العمود للنهاية فيمثل رقم الزاوية للخط العمود على الخط المستقيم مع المحور الأفقي. ومن ثم يتم تطبيق تحويل هوف على مصفوفة تحويل رادون لكشف الخطوط التي تم إيجاد نهاياتها، الشكل (١٢). أي يتم الدمج بتطبيق تحويل رادون والنتيجة تطبق على تحويل هوف وبالتالي الحصول على إحداثيات مجموعة النقاط المكونة للخطوط المستقيمة التي تمثل معلومات الأبنية المكانية التي تحويها صورة الإدخال، ثم يتم ترميز أشكال الأبنية بألوان مختلفة لأجل تمييزها، الشكل (١٣) مع وجود بعض ترميزات الخطوط الكاذبة في صورة الإخراج نتيجة عمليات المعالجة التي مرت بها الصورة والمذكورة آنفاً. علماً أن لهذين التحويلين دوال جاهزة في لغة الماتلاب، إلا إن تطبيقهما لا يعطي نتيجة البحث نفسها، كما موضح في الشكل (١٤) الناتج من تطبيق تحويل رادون كدالة جاهزة في لغة الماتلاب على الصورة المختبرة، ويوضح الشكل (١٥) تطبيق تحويل هوف كدالة جاهزة في لغة الماتلاب على نتيجة تحويل رادون. عليه تم برمجتهما يدوياً باستخدام لغة الماتلاب وكما موضح في المقطع البرمجي الآتي:

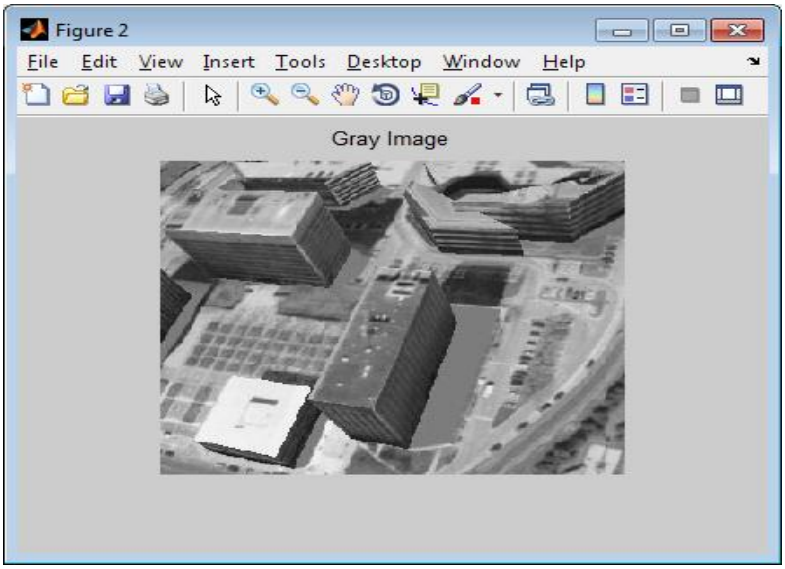
```
function R = LineP_new4a(I)
RR1 = () ; theta = 0:179; Lpold = ();RRR1 = ();
(L,num) = bwlabel(I);%Number of foreground particles in the image.
for iloop = 1:num
   sprintf('%d of %d',iloop,num)
   (r1,c1) = find(L == iloop);
   Lp = bwselect(L,c1,r1,4);
   flag = 0; flag1 = 0;
```

```
   while flag == 0
      (R,xp) = radon(Lp,theta);
       if R==1
figure,imshow(theta,xp,R,(),'notruesize'),colormap(hot),colorbar; end
      (ym xm) = find(R == max(max(R)));
      temp = ();
      temp = sortrows((ym xm));
      ir = temp(ceil(length(ym)/2) , 1);
      jr = temp(ceil(length(xm)/2) , 2 );
      (rr1,cc1) = find(Lp == 1);
      H = LineFiting(jr-1 , xp(ir) , cc1,rr1,size(Lp));
      fd = find(H <= 1 );
      g1 = (cc1(fd) rr1(fd) H(fd) );
      if jr-1 > 90
         g1(:,2) = g1(:,2) .* -1;
         R22 = sortrows(g1);
         R22(:,2) = R22(:,2) .* -1;
      else
         R22 = sortrows(g1);   end
         g1 = ();
         R1 = GetLineSeg(R22(:,1),R22(:,2));
         R1 = (R1( find(R1(:,5) == max(R1(:,5)) ),:));
      g123 = ();
      RR12 = ();
      for kk = 1 : size(R1,1)
         RR12(kk,:) = (R1(kk,1:4) jr-1 xp(ir) iloop);
         g123 = (g123 ; R22((R1(kk,6) : R1(kk,7)) , :));  end
      for u = 1  : size(g123,1)
         Lp(g123(u,2) , g123(u,1)) = 0;  end
      Lp1 = Lp;
      Lp = bwmorph(Lp,'clean');
  if length(find(Lp == 1)) == 0  flag = 1 ; end
   if flag1 == 0
if size(Lp) == size(Lpold) & isempty(find(Lp ~= Lpold)) flag = 1; end
         Lpold = Lp;  end
            RR1 = (RR1 ; RR12);   end
      RRR1 = (RRR1 ;RR1);
   RR1 = ();  end
fprintf('Applied radon and hough to this image\n',num);
R = RRR1;
```



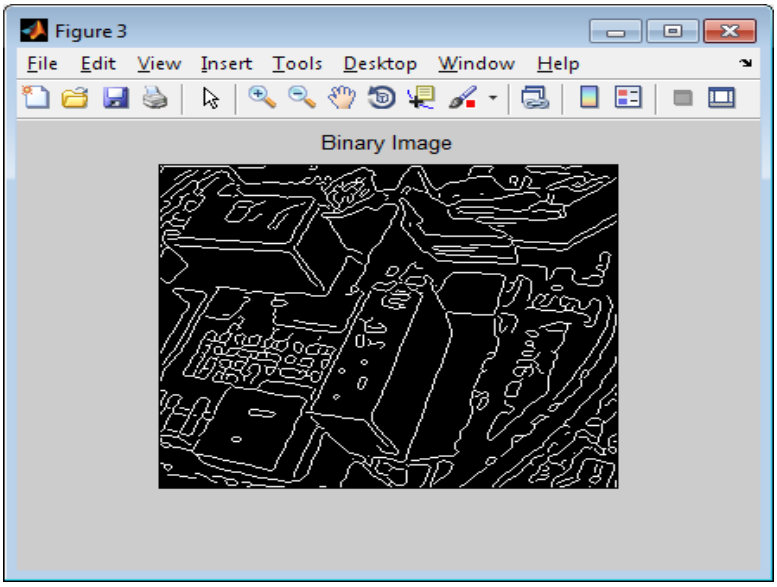
شكل (٨)

صورة الإدخال المختبرة المستخدمة في البحث (Teller, 2000)



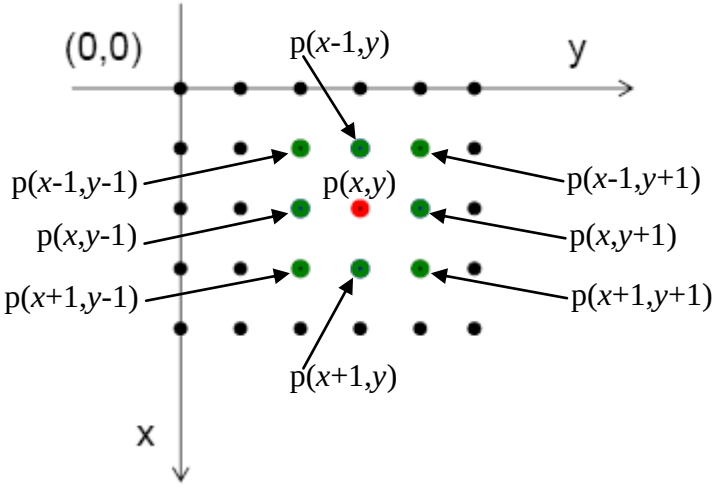
شكل(٩)

تحويل صورة الإدخال الملونة إلى صورة رمادية



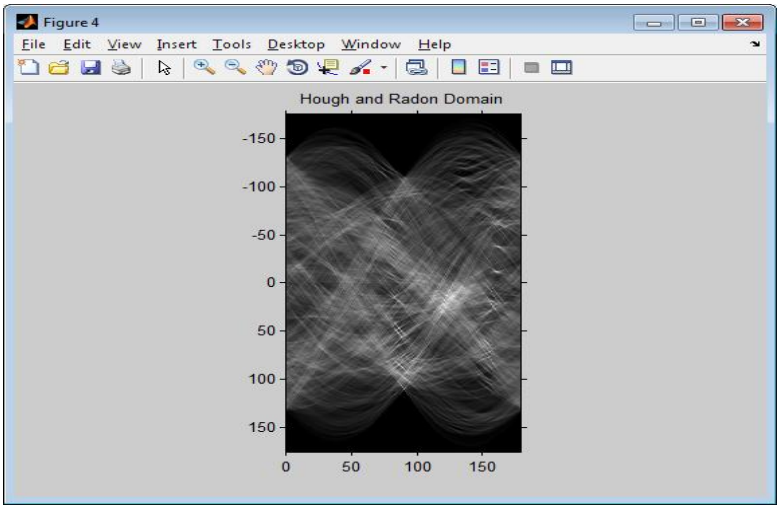
شكل (١٠)

الصورة الثنائية الناتجة من تطبيق تقنية كاني على الصورة الرمادية للعتبة العليا التي قيمتها (0.1719) والعتبة الصغرى التي قيمتها (0.0688) اللتين تم تحديدهما آلياً



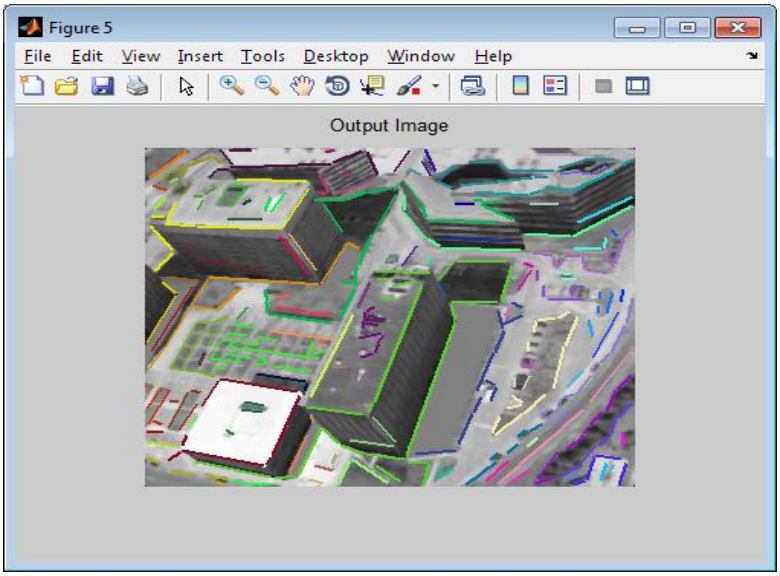
شكل (١١)

تمثيل الترابط الثماني لتجاورات النقطة p (x, y)



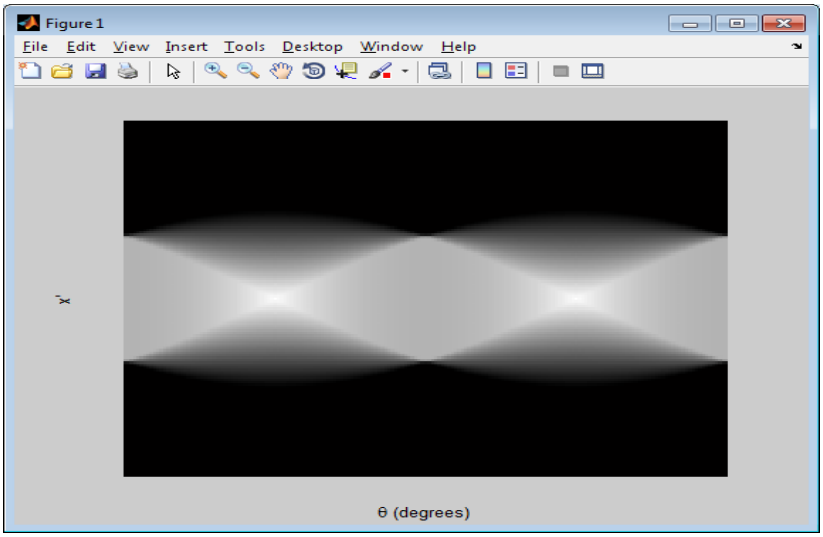
شكل (١٢)

الخطوط المحتملة من دمج وتطبيق تحويلي رادون وهوف على الصورة الثنائية



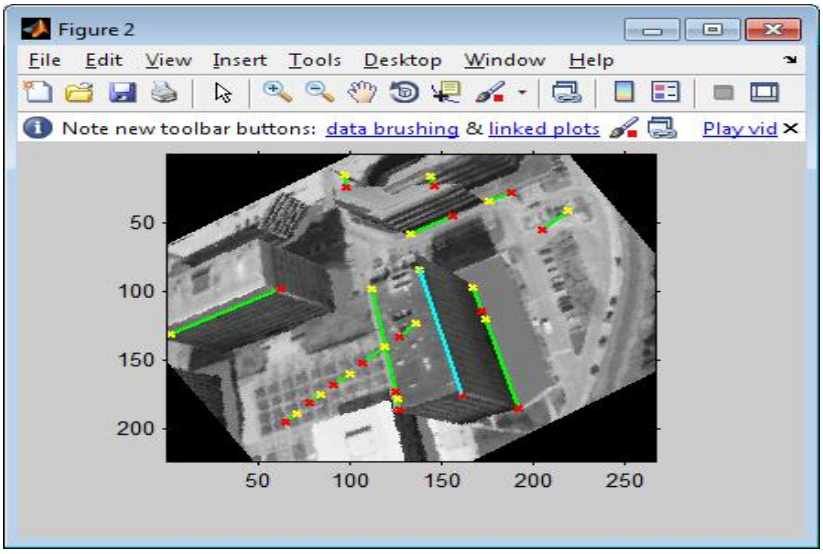
شكل (١٣)

صورة الإخراج بعد ترميز معلومات الأبنية المكانية بألوان مختلفة



شكل (١٤)

تطبيق تحويل رادون كدالة جاهزة في لغة MatLab على صورة الإدخال المختبرة



شكل (١٥)

تطبيق تحويل هوف كدالة جاهزة في لغة MatLab على نتيجة تحويل رادون

٦. الاستنتاجات (Conclusions) :

تم من خلال التطبيق العملي لخوارزمية البحث التوصل إلى استنتاجات من أهمها:

- تعتمد دقة تمييز البيانات الصورية على الخصائص الشكلية للأشكال التي تحتويها صور المرئيات الفضائية، وعلى دقة التمييز المكانية (Resolution) الخاصة بالمنصات الفضائية.
- بسبب البيانات الكثيرة التي تحتويها المرئيات وتداخل الأشكال فيما بينها، الأمر الذي أدى إلى تمييز مقاطع خطية كاذبة في أشكال الأبنية المكانية بسبب عمليات كشف الحافة والتي ينتج عنها حواف وهمية أو تكرار لبعض الحواف الخافتة وأحياناً حدوث قطع في حواف أخرى.
- سمك الحواف التي تحتويها الصورة الثنائية يتناسب طردياً مع دقة الخطوط المستقيمة التي يتم استخلاصها والعكس صحيح، وهذا بالتالي ممكن أن يتطلب عمليات معالجة إضافية.
- يعد تطبيق تحويلي رادون وهوف على الصورة الثنائية فائدة إضافية، إذ تم تقليل بيانات الصورة المختبرة بعد تحويلها إلى ثنائية بينما تم الاحتفاظ بكل المعلومات المهمة عنها.
- تم ملاحظة أن التراكيب الهيكلية للأبنية(موضع الاهتمام في هذا البحث) تتكون من ثلاثة معالم أساسية: مقطع الخط المستقيم وهو عبارة عن حافة بدون زاوية، والزاوية وهي عبارة عن حافة بزاوية واحدة فقط، والحافة نفسها وتتكون من عدة خطوط مرتبطة بزوايا مختلفة.

٧. التوصيات (Suggestions):

اعتماداً على خوارزمية البحث يمكن الإشارة إلى بعض التوصيات الآتية:

- تحسين دقة التمييز المكانية للمرئيات الفضائية بتطبيق عمليات معالجة أولية عليها وذلك بإضافة مرشحات رقمية بشكل متعاقب أثناء عمليات كشف الحافة لأجل عزل

الخصائص البارزة والتخلص من الخصائص الخافتة كثيرة التكرار في الصورة الثنائية.

- تقييم طرائق كشف الحواف للتعرف على أداء كل طريقة على حدا، مع إجراء تقييم موضوعي باستخدام مقياس برات (Pratt Figure of Merit) لأجل حساب نسبة الزيادة والنقص في الحافات المكتشفة.
- استخدام تحويلات طيفية أخرى مثل تحويل فوريير، هادامارد، وولش،.. لأجل عمل مقارنة بين هذه التحويلات باستخدام معيار معين (Factor) لاختيار التحويل الأفضل لتطبيق معين بعد عرض نتائج هذه التحويلات.
- تطوير الخوارزمية بعمليات تحليل إضافية اعتمادا على ظلال الأبنية في المرئية الفضائية لأجل إعطاء معلومات مهمة كالمساحة والارتفاع.
- إضافة عمليات تصنيف للصورة المختبرة كمراحل نهائية في الخوارزمية لغرض تمييز أضلاع وسطوح الأشكال ثلاثية البعد اعتماداً على العلاقات الرياضية الموقعية مع الأخذ بنظر الاعتبار ظروف وزاوية التصوير والمشهد المصور.

قائمة المصادر (References):

المصادر العربية:

أولاً: الرسائل والأطاريح الجامعية

١. البياتي، كفاء هادي ذنون (٢٠٠٢)، قياس الزوايا في الصور الثنائية، **رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.**

٢. الحيالي، عبد الله أسعد عبد الله (٢٠٠٢)، تمييز الأشكال الهندسية في الصور الرقمية، **رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.**

٣. العبيدي، خليل إبراهيم أحمد (٢٠٠٢)، التمييز الآلي للعلامة المسمارية، **أطروحة دكتوراه، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، الموصل، العراق.**

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

ثانياً: الدوريات

١. الزبيدي، محمد جاجان يونس، (٢٠٠٦): التمييز الآلي للمقاطع الخطية في الصور الرقمية، كلية الحدباء الجامعة، مجلة بحوث مستقبلية، العدد الرابع عشر، نيسان، ص ص ١٤١–١٥٥، الموصل، العراق.

٢. الزبيدي، محمد جاجان يونس، (٢٠٠٦): تطبيق خوارزميات كشف الحواف لاستخلاص هياكل الأشكال في الصور الرقمية، كلية الحدباء الجامعة، مجلة بحوث مستقبلية، العدد الخامس عشر، تموز، ص ص ٢٢٥–٢٤٢، الموصل، العراق.

المصادر الأجنبية:

1st: Univ. Thesis:

1. Cardoso, L. A. (1999): Computer Aided Recognition of Man-Made Structures in Aerial Photographs, M.Sc.thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA 93943-5000.
2. John, C. and Hussian, F. (2001): Resolving Conflicts in Arabic and Latin Character Recognition, Ph.D. thesis, John Cowell – CGIM.
3. Teller, S. (2000): Toward Urban Model Acquisition from Geo-Located Images, Ph.D. thesis, MIT Lab for Computer Science, USA.
4. Tof's, P. (1996): Radon Transform-Theory and Implementation, Ph.D. thesis, Mathematical Modeling Dep., Technical Univ., Denmark.

2nd: Articles:

1. Plamondon, R. and Srihari, S. (2000): On-Line and Off-Line Handwriting Recognition, Comprehensive Survey, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 1.

3rd: Books:

1. Fisher, R., Perkins S., Walker A. and Wolfart E. (2002): Image Processing Learning Resource, Explore with JAVA, USA.
2. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2002): Digital Image Processing,
   2nd Ed., Univ. of Tennessee, Prentice-hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey 07458, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
3. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2008): Digital Image Processing, 3rd Ed., Univ. of Tennessee, Prentice-hall, Inc, New Delhi 110001.
4. McAndrew, A. (2004): An Introduction to Digital Image Processing with MatLab, Notes for SCM2511 Image, Processing 1, School of Comp. Science and Math., Victoria University of Technology.
5. Umbaugh, S. E. (1998): Computer Vision and Image Processing: A Practical Approach Using CVIP tools, Prentice-Hall, PTR, USA.