حساب الأوزان لصورة رقم عددي

د. خليل إبراهيم السيف
قسم علوم الحاسبات
كلية علوم الحاسبات والرياضيات
جامعة الموصل

يحيى قاسم إبراهيم القاضلي
قسم علوم الحاسبات
كلية التربية
جامعة الموصل

نغم ثروت سعيد جلميران
قسم علوم الحاسبات / كلية التربية
جامعة الموصل

الاستلام ١٥ / ٠٤ / ٢٠١٠
القبول ٠٩ / ٠٢ / ٢٠١١

Abstract

In this research, the algorithm of 2-Dimension variation was achieved, to extract a feature of the numerical number image. Because number recognition is very important subject in practical fields of image processing.

The number will be segmented to its individual components (one image for each digit), Then preprocess will start by truncating all unused area from all the slides using the vertical and horizontal projection.

The applied algorithm to compute the digit weight, can stated as follow:-

- compute the distance geometry using 2-Dimension Variation algorithm which will be adopted as the digit feature.
- Searching for the computed value in the data base (which was already build).
- The weight of the digit will be computed depend upon the digit rank.
- collecting all the weight to get the total weight of digit.

When the algorithm applied on different numbers the result was with very low difference not more than 5 % when using numbers with single font and it rise little bit with numbers of mixed fonts.

الملخص

في هذا البحث تم اعتماد خوارزمية تغير البعدين للحصول على صفة مميزة لصورة الرقم وذلك لكون تمييز الأرقام من المواضيع المهمة في المجال التطبيقي لمعالجة الصور الرقمية.

يتم تقطيع الرقم إلى أجزاءه (صورة لكل عدد من مكوناته) ليبدأ بعدها إجراء المعالجة الأولية المتمثلة بإزالة الأجزاء غير مستخدمة من كل صورة فرعية من خلال حساب الإسقاط الأفقي والعمودي لصورة الرقم.

تتمثل الخوارزمية المعتمدة لحساب قيمة العدد بالخطوات التالية:

- حساب البعد الكسري باستخدام خوارزمية تغير البعدين ليتم اعتماده كصفة مميزة للرقم.
- إجراء مقارنة للقيمة التي تم الحصول عليها ومقارنتها مع قاعدة المعلومات التي تم بناءها مسبقاً.
- وزن الرقم يتم حسابه بالاعتماد علىمرتبته.
- يتم تجميع كافة الأوزان للحصول على قيمة العدد النهائية.

عند تطبيق الخوارزمية أعلاه على إعداد ذات أرقام مختلفة كانت نسبة الخطأ ضئيل ة جدا حيث لم تتجاوز ٥% في الأعداد ذات الأرقام أحادية الخطوط وارتفعت قليلا مع خطوط مختلفة في عدد واحد.

١- المقدمة

بعد إختراع الحواسيب، تبين أن بإمكان الحاسوب القيام بعمليات غير الحسابات الرياضية. وأن السرعة التي يقوم بها الحاسوب بعملياته يمكن إستعمالها في الكثير من المهام غير الرياضية البحتة . فقد تبين وجود إمكانية عالية لإتخاذ القرارات وأن هناك إمكانية لتمييز الأنماط والتعرف على الصور . وقد تكونت حقول جديدة تقع تحت حقل الذكاء الإصطناعي (النعمة ، ٢٠٠٨).

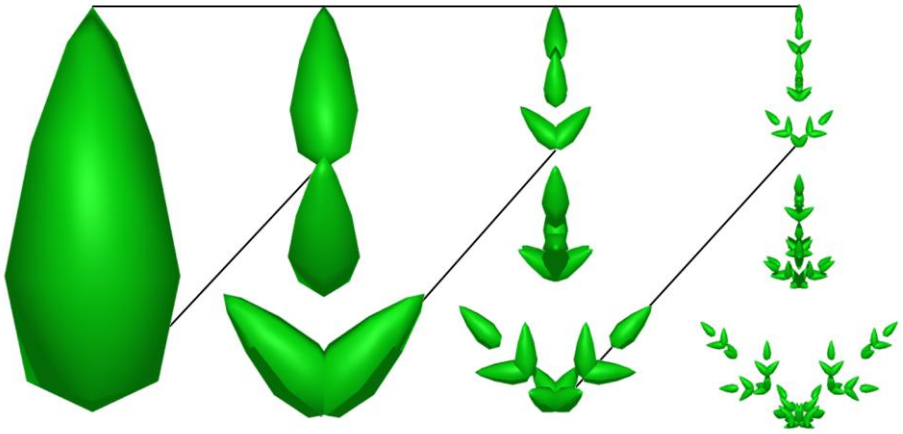
في الآونة الأخيرة تم اعتماد أساليب رياضية حديثة من خلال قياس الأبعاد بأساليب غير تقليدية فتم اعتماد الهندسة الكسرية (Fractal Geometry) التي بنيت على أساس قياس البعد الكسري، هذه التقنيات الجديدة التي وظفت بشكل فعال في مجال معالجة الصور الرقمية أدت إلى إمكانية تقطيع صوري أو تمييز صوري من خلال دراسة تلك الأبعاد م ع ما اتصفت به من مواصفات تؤدي إلى عزل مناطق ذات صفات مشتركة (يونس ، ٢٠٠٨).

ولقد بينت الدراسات الحديثة أن الهندسة الكسرية هي معجم الأشكال غير النظامية (Irregular Shapes)، مما ساعدها في الدخول في الكثير من التطبيقات الحياتية والعلوم المختلفة. كذلك تم استخدامها في المجالات الفنية في تصميم عدد من الصور والأشكال، إذ تقام

كثير من المؤتمرات المتخصصة عن تطبيقات الكسوريات واستخدامها حتى في تصميم الديكور والمباني، وأصبحت تطبيقات الكسوريات واسعة الانتشار ويمكن رؤيتها في كل مجالات الحياة (حامد ، ٢٠٠٧).

٢- الهندسة الكسورية Fractal Geometry :

غالبا ما يتم تشكيل الأشكال الكسورية عن طريق عمليات أو خوارزميات متكررة ، مثل العمليات التكرارية (iterative) (Edgar, 2008)، وكما في الشكل(1).



الشكل (1): الخاصية التكرارية في الأشكال الكسورية

تصف الهندسة الكسورية ا لعديد من ا لأوضاع والبنى التي لا يمكن تفسيرها أو دراستها بالهندسة الرياضية الكلاسيكية ، كما أنّ الهندسة الكسورية تمتلك تطبيقات عديدة في العلوم والتكنولوجي ا والفنون الحاسوبي ة ووصف خصائص الأشكال في الطبيعة (Mandelbrot, 1982)، ولذلك فهي تهتم بالتحقق من الخصائص الرياضية لبعض الأشكال ومحاولة تفسيرها على وفق خصائصها الكسورية.

هناك العديد من الطرائق المستخدمة لحسا ب البعد الكسري ومن هذه الطرائق الشائعة الاستخدام طريقة تغيير البعدين Dimension Variation Method=2 .

تعدّ طريقة تغيير البعدين من أفضل الطرائق التي تتعامل مع النقا ط الضوئية (Pixels) في الصور الرقمية بمختلف القياسات، فتعمل على تحليل النقاط الضوئية لمسافات مختلفة بالنسبة لنقطة ضوئية محددة (Pixel) وان هذه المسافات معرفة بأنها مجموعة نقاط مربعة الشكل، ففي كل مرحلة تتم زيادة مساحة المربع بشكل متساوٍ حول نقطة المنتصف وإي جاد البعد الكسوري ، حيث يتم تحديد نقطة المنتصف ومن ثم يتم تحليل النقاط المجاورة لها والتي تكون على هيئة مربع وباستخدام مقياس معين يتم تحديد قيمة (r)، وتتكرر العملية مع تغيير المقياس ، ومن الممكن أن تتراوح قيمة r إلى [3,5,7,9....] ويتم حساب الميل كما في الشكل (٣) من قيم

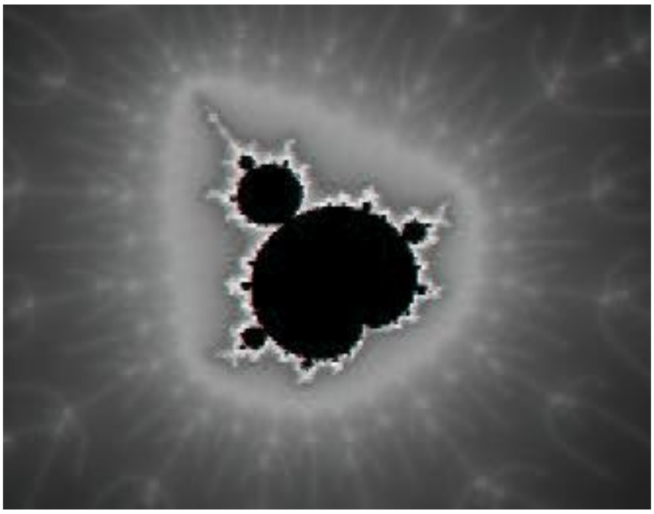
N(r) log ،log(1/r) حيث N(r) عدد المربعات و (r) طول ضلع المربع . (الطائي، ٢٠٠٤).

ولغرض استخدام الخوارزمية لحساب البعد الكسوري في الصور الرمادية، يتم أولاً حساب القيمة العظمى والقيمة الصغرى لقيم التدرجات الرمادية في كل مربع وتحدد قيمة N(r) بإيجاد الفرق بين القيمتين ، وأن قيمة r هي طول الضلع الجانبي للمربع الحالي، ويتم حساب قيمة البعد الكسوري من المعادلتين (١) و(٢): (Kraft, 1995)

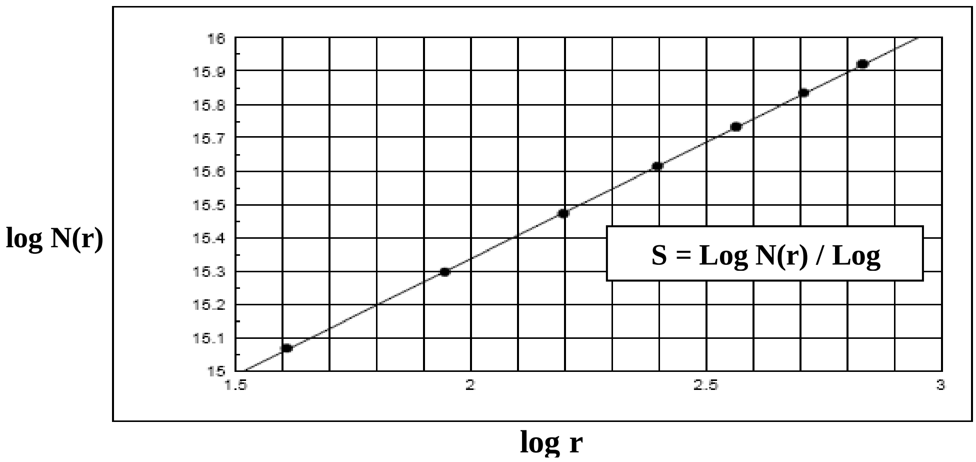
$$S = \log N(r) / \log (1/r) \qquad \text{...(1)}$$

$$D = 3 - \frac{S}{2} \qquad \text{...(2)}$$

والشكل (٢) يمثل صورة رمادية لمجموعة ماندلبروت طُبّقت عليها خوارزمية تغيير البعدين، والشكل (٣) يمثل الانحدار الخطي الناتج من التطبيق. (Kraft, 1995)



الشكل (٢): صورة رمادية لمجموعة ماندلبروت



الشكل(٣): الانحدار الخطي للبعد الكسوري للصورة في الشكل (٢)

٣- تجزئة الصور الرقمية : Image Segmentation

التجزئة هي عملية تقطيع الصورة إلى عدة مساحات أو مناطق كل منطقة تحيط عنصراً معيناً له صفات خاصة يمتاز بها عن عناصر الصورة ال كلية، هناك العديد من طرائق تـجزئة الصورة التي يعتمد استخدامها على نوع الصورة التي يتم معالجتها وتختلف الطرائق المستخدمة باختلاف الصور إذ يتم استخدام ط رائق معينة مع كل نوع من انواع الصور الثنائية أو ذات التدرج الرمادي أو الملونة. (Umbaugh, 1998)

تعد عملية تـجزئة الصور من أهم الخطوات الأساسية في عملية تحليل الصور، من اجل تعريف العناصر أو الكائنات الموجودة ضمن الصورة ويكون الهدف الرئيس من عملية تقطيع الصورة تمييز المناطق المتجانسة ضمن الصورة بشكل بارز وواضح، وتقسيم الصورة إلى عدة مناطق حسب تجانسها. (Ruzon, 2009)

إن عملية تـجزئة الصور تتضمن المعالجة التي يتم من خلالها إيجاد أعلى تجانس في التدرجات الرمادية ضمن المن اطق المتجانسة وتعتمد عملية تـجزئة الصور على مقاييس رئيسة وهي:

١ - التجانس Homogeneity.

٢ - الحدود Border

وقد تعتمد التـجزئة على كل من هذين العاملين، إذ يتضمن كل منهما عدة معالم مثل التدرج الرمادي (Gray level) أو اللون (Color) أو النسجة (Texture) ويوضح الشكل (٢-١٠) تـجزئة صورة لجريدة تم ادخالها إلى الحاسوب باستخد ام جهاز الماسح الضوئي Scanner باعتماد نوع خاص من المرشحات (مرشح جابور). (Kitchen, 1984)

شكل (٤): عملية التقطيع لصورة ذات تدرجات رمادية

٤- تقنيات تجزئة الصور: Image Segmentation Techniques

توجد العديد من الطرائق المستخدمة لعلمية ت جزئة الصور ومن أهم وأكثر الطرائق استخداما ما يأتي (Neary, 2002):

4-1: تجزئة الصور باستخدام التدرج البياني لحد العتبة (Cheriet, 2002)

من الطرائق المستخدمة لعملية تجزئة الصور الملونة، وهي تعتمد على كل من:

١- Color constructing

٢- Hue histogram

حيث تم اعتماد قيمة حد العتبة Threshold نسبة إلى أعلى وأوضح القمم في المدرج البياني، ويتم تكرار العملية لجميع القمم في المدرج البياني ان قيمة المعيار المستخدم لعزل القمم يعتمد على النسبة بين أعلى قمة واقل قمة (MaxPeak and Minpeak) بحيث تكون قيمة حد العتبة T هي:

$T >= 2$

T : النسبة بين أعلى قمة واقل قمة في المدرج البياني لجزء الصورة Histogram.

(Cheriet, 2002).

إن تطبيق طريقة التدرج البياني لحد العتبة في تجزئة الصورة في بعض التطبيقات يكون غير كفوء أحيانا عندما يكون التدرج البياني غير منتظم ، وفي بعض الأحيان قد تكون الصورة ذات نوعية لا يمكن تحسين التغاير Contrast باستخدام أي معالجة والذي يؤدي إلى عدم القدرة على الحصول على قمتين أو أكثر من التدرج لاختيار قيمة حد العتبة لاستخدامها في التجزئة فضلا عن وجود العديد من المشكلات الأخرى.

4-2: تجزئة الصور باستخدام تحديد الحافات

تم اقتراح العديد من تقنيات كشف الحافات التي تبحث عند عدم الاستمرارية في الشدة اللونية لمكونات الصورة، وتعمل على إبراز مكونات الصورة (Umbaugh, 1998).

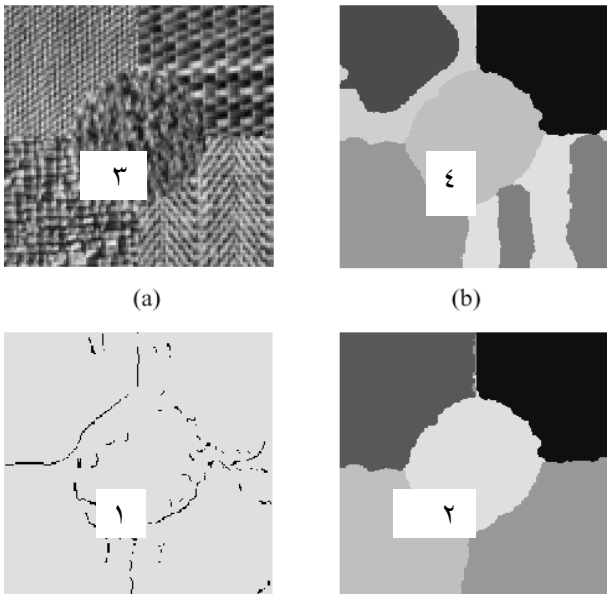
إن عملية تحديد الحافات في الصور الرمادية تتكون بالاعتماد على علاقة قيم النقطة بقيم النقاط المجاورة لها. وهناك العديد من طرائق تحديد الحافات مثل (Fisher, 2000):

- محدد الحافة روبرت Roberts.
- محدد الحافة سوبل Sobel.
- محدد الحافة بريوت Prewitt .
- محدد الحافة لابلاسيان Laplacian.
- ومحدد الحافة كاني Canny.

يتم استخدام محددات الحافات لاستخلاص خواص عناصر الصورة واستخدام هذه المعلومات التي تم استخلاصها في تحديد وتمييز العناصر وبشكل كامل (Neary, 2002)، إلا إن استخدام هذه المحددات لا يعطي أي وصف لهذه المعالم ولا يمكن الحصول على وصف لصفات الأشكال أو عددها في الصورة، وهناك العديد من المشكلات في استخدام تحديد الحافات

في حالة وجود ضوضاء في الصورة حيث تجعل عملية تحديد الحافات صعبة، أو قد يسبب في حدوث تقطيع في الحافات (Ahuja, 1980).

ويوضح الشكل (5) عملية تجزئة صورة باستخدام فلتر جابور مع تحديد الحافات ودمج النتائج للحصول على الصورة النهائية للتجزئة. (Umbaugh, 1998)



شكل (٥): تجزئة الصورة بدمج أكثر من طريقة حيث تمثل صورة رقم

١) الصورة الأصلية ٢) تجزئة باستخدام فلتر جابور

٣) تحديد الحافات للصورة ٤) الصورة النهائية بعد دمج الطرقتين

3-4: تجزئة الصور باستخدام البعد الكسري:

تعد تجزئة الصورة باستخدام البعد الكسري من الطرائق الحديثة المستخدمة لتجزئة الصور التي تحوي على مناطق طبيعية، لان الكسوريات تعد من أفضل الطرائق التي تتعامل مع هذا النوع من الصور، إذ تمتاز بقدرتها على تمييز المناطق حسب النسجة وبشكل أفضل من الطرائق الاعتيادية المعروفة، وهناك العديد من الطرائق المستخدمة لتجزئة الصور باستخدام البعد الكسري ومن أشهر الطرائق المستخدمة طريقة تغيير البعدين two Dimension Variation حيث تم اعتمادها بشكل واسع في تجزئة الصور لما لها من إمكانية في تمييز المناطق وعزل الأنسجة المختلفة (الطائي، ٢٠٠٤).

وفيما يأتي شرح مفصل لعملية تجزئة الصور باستخدام خوارزمية تغيير البعدين (kraft,1995).

١) قراءة حجم الصورة N×N.

٢) وضع نافذة W ذات بعدين بقيمة r من النقاط حول النقطة المراد حساب بعدها الكسري بحيث يتطابق مركز النافذة مع النقطة التي يتم حساب بعدها.

٣) حساب أعلى قيمة واقل قيمة (للتدرجات الرمادية) ضمن النافذة Wوحساب الفرق بينها Avr = (Maxval-Minval)

٤) حساب كل من Log (Avr) و Log(1/r)، حيث Avr تم حسابها من الفقرة السابقة.

٥) زيادة قيمة r بمقدار نقطتين صورية وبجميع الاتجاهات، حيث يزداد حجم النافذة W المحيطة بنقطة المركز.

٦) حساب ميل المستقيم S من Log(Avr)/Log(1/r)

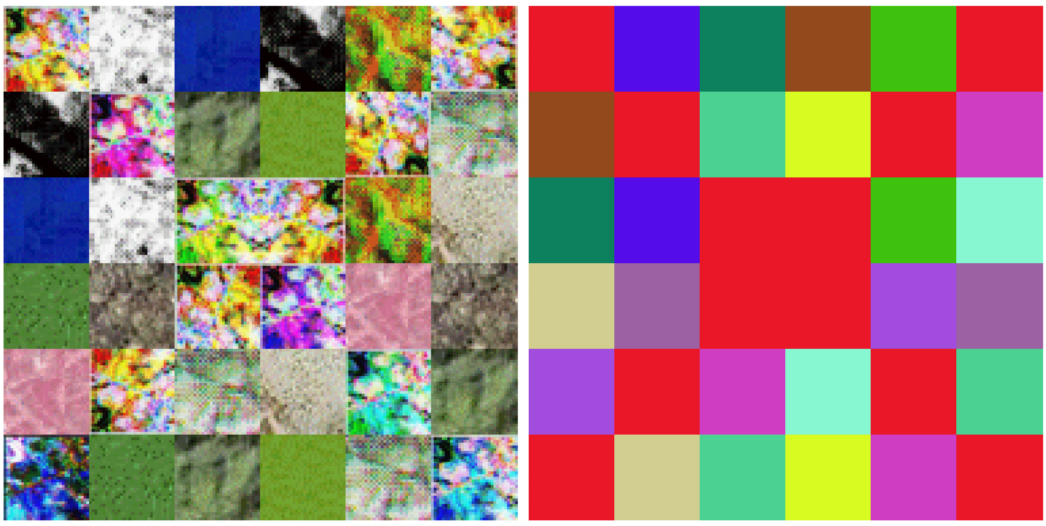
٧) تكرار الخطوات (٤-٧) لمجموعة من قيم r حيث r تساوي [3,5,7....].

٨) تكوين مصفوفة البعد الكسري لكل نقطة في الصورة من حساب الميل لكل نقطة من مجموع قيم Log(1/r) و Log(Avr) باستخدام المعادلة (لنعمة،2008):

S =(Log(Avr)/Log(1/r))

٩) من مصفوف ة البعد الكسري يتم ت جزئة الصورة حسب قيم البعد الكسري (Sarkar, 1992).

والشكل (٦) يوضح صور تم حساب بعدها الكسري باستخدام هذه الطريقة، حيث تشير الألوان المتشابهة إلى نسجات متشابهة [Olivera and Conci, 2002].



شكل (٦): تقطيع الصورة باستخدام طريقة تغيير البعدين

٥- الخوارزمية المقترحة لحساب القيمة العددية:-

أ -اكتساب الصورة: تعد هذه الخطوة من الامور المهمة في مجال معالجة الصور الرقمية وذلك لكثرة التقنات التي وفرت حاليا لاجل اكتساب الصور. عليه تم في هذا التطبيق اعتماد:

١. كافة الملفات التي يتم معالجتها من خلال برمجيات Matlab.

٢. امكانية اكتساب الصورة من خلال ج هاز الماسح الضوئي (scanner) ومن ثم خزنها لأجل التعامل معها.

٣. من خلال الكاميرات الرقمية.

حيث بإمكان قراءة تلك الملفات مباشرةً لأجل اعتمادها في الصيغة المكانية special domain للتعامل معها بصيغة مصفوفة.

ب- المعالجة الأولية preprocesses لأجل تهيئة الملف الصوري لغرض المعالجة تكون هناك حاجة ماسة الى معالجة اولية له تبدأ بإزالة كافة الضوضاء التي أضيفت إلى الصورة خلال عملية اكتساب الصورة الى الحاسبة من خلال إجراء عملية ترشيح للصورة باعتماد مرشح المعدل (Averaging): حيث يؤدي إلى إيجاد تجانس واضح على الصورة الناتجة:

- عملية تجزئة العدد الرقمي الى اجزائه باعتماد المدرج التكراري العمودي فقط
- عملية إزالة الأجزاء غير المستخدمة من صورة الرقم (الجزء) حيث تؤدي عملية ازالة المناطق الغير مستخدمة الى تقليص في حجم الصورة مما يؤ ثر ايجابياً على الزمن (أي سرعة تنفيذ البرنامج) حيث تتم العملية باعتماد الاسقاط العمودي والافقي للصورة حسب المعادلتين التاليين:

$$P_y^h = \sum_{i-1}^{M} X(i,j) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

$$P_i^v = \sum_{i-1}^{N} X(i,j) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

حيث ان X = الصورة ذات بعدين M, N

P^h الاسقاط الافقي (وذلك بتجميع كافة عناصر الصفوف)

P^v الإسقاط العمودي (وذلك بتجميع كافة عناصر الأعمدة)

ج- عملية التعيير (Normalization): لكون احجام الاعداد غير ثابتة في كثير من معالجات النصوص لكونها تعتمد رسومات لصور الاعداد الخاصة بكل نظام عليه تكون هناك حاجة ضرورية جدا لأجل اعتماد ابعاد قياسية من خلال اداء عملية التعيير وبذلك يكون العدد مهيئا للمرحلة التالية.

د- يتم حساب البعد الكسري لصورة كل عدد من الأعداد المكونة للرقم وذلك باستخدام خوارزمية تغير البعدين كما مر ذكرها في الفقرة (٣) وبعد ذلك يتم حساب القيمة الرقمية لصورة الرقم من خلال مقارنة البعد الكسري مع الملف الحاوي على الابعاد الكسرية للصور القياسية للإعداد الرقمية.

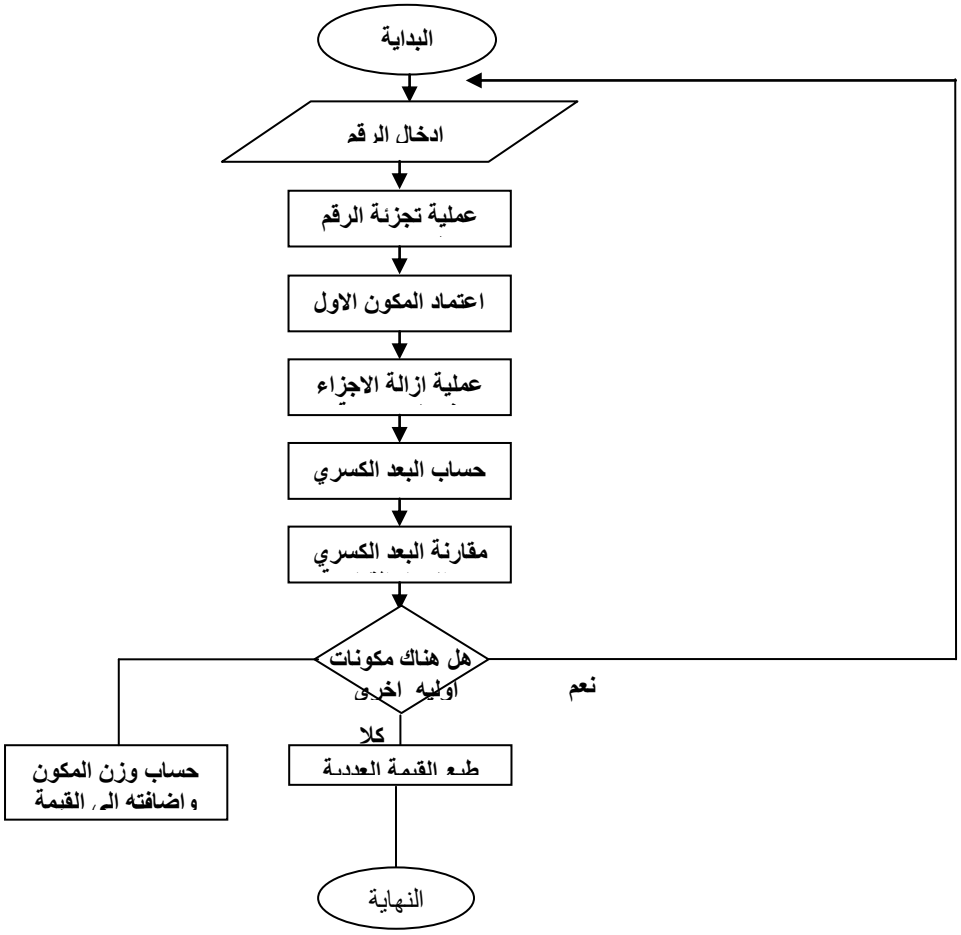
هـ- تتم عملية حساب اوزان كل عدد من خلال ضرب قيمة العدد بالأساس (١٠) مرفوع للأس الذي يمثل مرتبة الرقم داخل العدد حيث يتم تجميع لكل الاوزان لغرض الحصول على القيمة النهائية للرقم وكما في المثال التالي:

العدد (581) حيث ان الرقم (١) يقع في المرتبة صفر والعدد (8) في المرتبة الاولى اما العدد (٥) فيقع في المرتبة الثانية وعليه تكون القيمة العددية هي حاصل جمع

$$581=10^{2}*5+10^{1*}8+10^{0}*1$$

و- طبع المجموع الذي يمثل القيمة ا لعدديه للرقم،والذي يعتبر الهدف من البحث في الشكل (٧) مخطط صندوقي لخطوات تنفيذ الخوارزمية المقترحة.

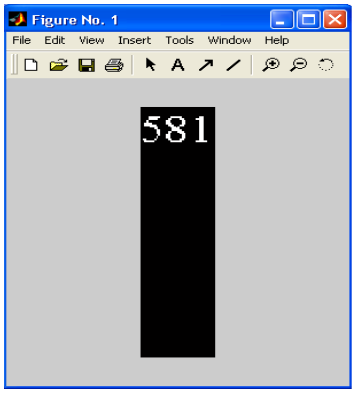
مثال تطبيقي: ادناه مثال توضيحي لخطوات الخوارزمية المقترحة في البحث.



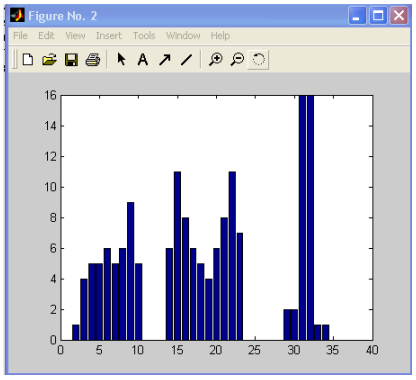
الشكل (٧): المخطط الصندوقي للخوارزمية المقترحة

الشكل(٨) يمثل مراحل حساب القيمة العددية لأحد المكونات الاولية للرقم 581.

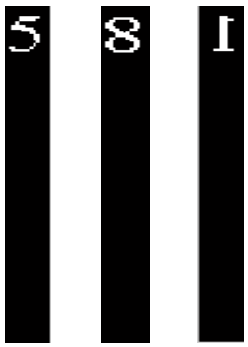
١. ادخال الرقم



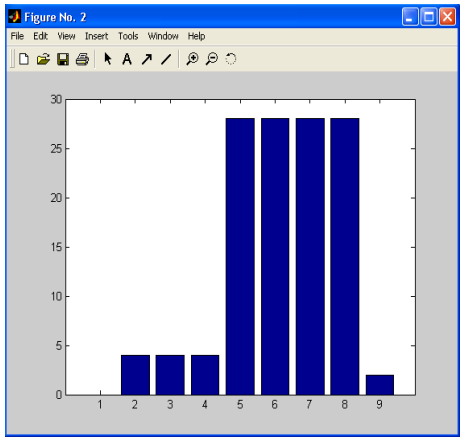
(أ) صورة الرقم المدخل



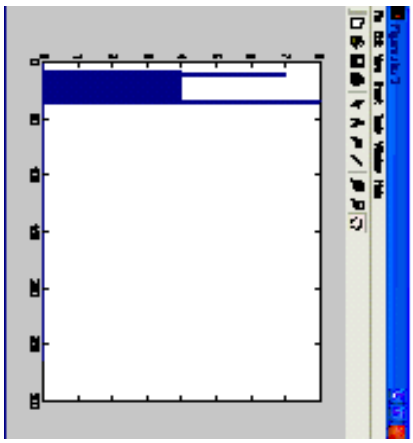
(ب) الإسقاط العمودي للرقم المدخل



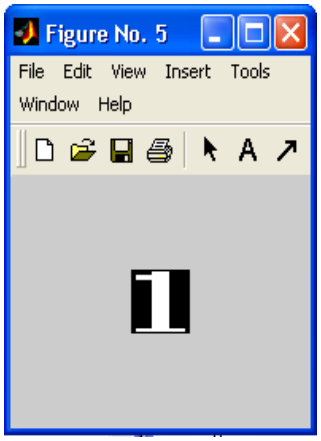
(ج) تجزئة الرقم إلى مكوناته الأولية



(د) الإسقاط العمودي للرقم (١)



(هـ) الإسقاط الأفقي للرقم (١)



(و) العدد واحد بعد ازلة الأجزاء غير المستخدمة

الشكل (٨) مراحل تنفيذ الخوارزمية المقترحة

بعد الحصول على صورة احد المكونات الاولية للعدد يتم حساب البعد الكسري لصورة العدد ليتم بعدها مقارنته مع جدول الأبعاد الكسرية لصور الأرقام القياسية لمعرفة اقرب قيمة بعد كسري للقيمة التي تم الحصول عليها ثم تكرر العملية لباقي المكونات.

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث تطبيق الطريقة المعتمدة على أرقام متعددة وبأحجام وخطوط مختلفة وأظهرت النتائج تقارب كبير في قيم الأبعاد الكسرية لكل عدد من الأعداد عليه تبين من خلال

التطبيق العملي ان الارقام المتكونه من اعداد بمختلف الاحجام والخطوط يتم معالجتها من خلال عملية التعير لصور تلك الاعداد، وكانت النتائج ذات دقة عالية يمكن توضيفها في كثير من التطبيقات كما تم التوصل الى ان البعد الكسري لصورة رقم تكون مختلفة كلياً عن البعد الكسري لباقي الأعداد عليه تعتبر صفة مميزة للعدد يتم من خلالهِ إجراءات كثيرة. كذلك ادت عملية التعيير إلى إمكانية معالجة ارقام ذات خطوط مختلفة.

الأعمال المستقبلية:

من النتائج التي تم الحصول عليها في الخوارزمية المقترحة يمكن اعتمادها في:-

١ - حساب لوحات المركبات .

٢ - الأرقام المطبوعة على الصكوك.

٣ - يمكن اعتمادها أيضاً في شبكة عصبية لأجل تمييز تلك الأرقام.

٤ - من الممكن التوسع في تطبيقها ليشمل إمكانية التعرف على بصمة قزحية العين البشرية.

المصادر

١) حامد، فخر الدين، واخ رون (٢٠٠٧)، "مقارنة بين بعض أساليب هندسة الكسوريات "، بحث منشور، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (١٢) ٢٠٠٧، العراق. ص 174-158، العدد ١٢، مجلد ٧.

٢) الطائي، إخلاص عبد الجبار ٢٠٠٤، "تمييز الأشياء الطبيعية في الصور الرقمية "، رسالة ماجستير، قسم علوم الحاسبات، كلي ة علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.

٣) النعمة، حسن ماهر ٢٠٠٨، "منظومةُ شبكةٍ حاسوبيَّةٍ لِكَشفِ لهبِ النارِ باستخدامِ الهندسةِ الكسوريَّةِ في الفيديو الرقميِّ"، رسالة ماجستير، قسم علوم الحاسبات، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.

٤) يونس، محاسن ثابت٢٠٠٨، الكسوريات وأنظمة الدوال التكرارية"، رسالة ماجستير، قسم علوم الحاسبات، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.

5) Ahuja, N., Rosenfeld A. and Haralick, R. M. 1980, "Neighbor Gray Levels as Features in Pixel classification", IEEE Pattern Recognition, vol. 12, pp. 251- 260.

6) Cheriet, M., Said J. N. and Suen, C. Y. 1998, "A recursive Thresholding Technique for Image Segmentation", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 7, no. 6, pp. 918- 920.

7) Edgar G., 2008, "Measure, Topology, and Fractal Geometry", Undergraduate Texts in Mathematics", Springer Science + Business Media, LLC.

8) Fisher, R., Perkin, S. And Wolfart, 2000, "Image Processing Learning Resources", HIPR2, Explore with JAVA, .

9) Kitchen, L. and Rosenfeld, A. 1984, "Scene Analysis Using Region- Based Constraint Filtering", Pattern Recognition, vol. 17, no.2, pp. 189- 203.

10) Kraft R., Kauer J., 1995, "Estimating the Fractal Dimension from DigitizedImages",[1]http://www.edv.agrar.tu-muenchen.de/dvs/idolon/idolonhtml/idolonhome.html.

11) Mandelbrot, B. B., 1982, "The Fractal Geometry of Nature", W. H. Freeman Co., New York, 2nd edition.

12) Neary D.,2002, "Fractal Method in Image Analysis and Coding", Ms. C for Dublincity Uni.

13) Ruzon, M. and Tomasi, C. 2000, "Alpha Estimation in Natural Images", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Volume I, pp. 18-25, Hilton Head Island, SC.

14) Sarkar, N. and Chaudhuri, B. B., 1992, "An efficient Approach to Estimate Fractal Dimensions of Textural image, pattern recognition, Vol. 25, (9): 1035-1041.

15) Umbaugh, S. E. 1998, "Computer Vision and Image Processing", A practical Approach Using CVIP tools, Prentice Hall PTR.