كشف لهب النار باستخدام الهندسة الكسورية في الصور الرقمية الملونة

د. لهيب محمد الزبيدي	د.خليل إبراهيم السيف	حسن ماهر النعمة
أستاذ مساعد	أستاذ مساعد	م.باحث
جامعة الموصل -كلية علوم الحاسبات والرياضيات –قسم هندسة البرمجيات	جامعة الموصل -كلية علوم الحاسبات والرياضيات –قسم علوم الحاسبات	جامعة الموصل -كلية علوم الحاسبات والرياضيات –قسم هندسة البرمجيات

المستخلص

تعد عمليات تمييز الأنماط والتي تتخذ من فكرة استخلاص الخواص أساساً في اتخاذ القـرارات مـن المجالات الحديثة والمهمة إذ تم استخدامها في كثير من التطبيقـات المفيـدة والمنوعـة، مـن ذلـك استخدامها في تتبع الكائنات ومراقبتها.

تم في هذا البحث بناء خوارزمية تعمل على كشف لهب النار وتحديده في الصور الرقمية الملونـة، إذ تعتمد بالدرجة الأساس على استخلاص خواص مناطق اللهب بجميع أطيافه اللونية اعتماداً على البعد الكسوري، حيث يتم تقسيم الصورة المدخلة إلى مجموعة من المربعات المتساوية الأبعاد ثـم حسـاب البعد الكسوري لكل مربع باستخدام خوارزمية تغيير البعـدين (وهـي إحـدى خوارزميـات البعـد الكسوري) ثم يتم دراسة وتحليل قيم البعد الكسوري من مصفوفة الأبعاد الكسورية الناتجة، ليتم بعـد ذلك التعرف على مناطق اللهب بوساطة الحاسوب من خلال تحديد الصفات والخصائص المشـتركة لبقع اللهب بجميع أطيافه اللونية.

Fire Flame Detection using Fractal Geometry in Digital Color Images

Khalil I. Al- Saif	Laheeb M. Al-Zoubaidy	Hasan M. Al-Nema
assistant professor	assistant professor	assistant researcher

Abstract

Pattern recognition, which takes features extraction as a basis for decision making, is considered as of the cutting-edge technologies. It is used in various useful applications such as tracking and monitoring objects.

In this research an algorithm for detecting fire flame in the colored digital images is built. The algorithm basically depends an extracting the features of flame spots with all its spectra with reference to fractal dimension. The input image is cut into a set of equal dimension squares, then fractal dimension for each square is calculated using two-dimension variation algorithm, which is are of the algorithms used in calculating fractal dimension. Fractal dimension values in the output fractal dimension array are analyzed to detect flame spots using the computer through determining the common features and characteristics of the flame with all its spectra.

1- المقدمة

من المعروف أن للنار فوائد عظيمة لا يستطيع الإنسان الاستغناء عنها في حياته اليومية، فقد دخلت في مجالات عديدة منها المنزلية والصناعية والحربية، ولكن على الرغم من كل فوائدها إلا أنها لا تخلو من المخاطر مثل الحرائق وغيرها، إذ إنها تمتلك طاقة كبيرة بداخلها فإن لم تُستعمل بشكل جيد قد تؤدي إلى عواقب وخيمة، فهي لذلك بحاجة إلى مراقبة دائمة وتحسس دقيق.

منذ القدم سعى الإنسان إلى تطوير الوسائل التي تساعد على التقليل من هذه المخاطر، فاتجهت المحاولات نحو المراقبة البشرية، ولكن عند إنجاز هذه المهمة بوساطة المرقاب البشري (والذي يجب أن يدرب تدريبا جيداً) تكون قرارات هؤلاء المتدربين معرضة للخطأ البشري وتوقعاته فضلاً عن الإجهاد الذي تتعرض له العين البشرية عند المراقبة، لذا كان من الأفضل الاستعانة بمنظومة حاسوبية تتمكن من تتبع الهدف وتحديده بسرعة ودقة وبأخطاء قليلة نسبياً عبر شبكة حاسوبية تضمن المراقبة عن بعد.[Dedeocglu, 2004][Horng, 2006]

حاول الباحثون استغلال تقنيات الحاسوب وتوجيهها بشكل فعال في هذا المجال، فتم انجاز بحوث ودراسات واسعة لربط هذه التقنيات والوسائل مع ما يحتاجون إليه من أعمال، إذ قدم عدد من الباحثين في عام 2006 بحثاً تم فيه اكتشاف حدود اللهب الموضوع داخل وعاء والمكتسب من خلال أجهزة الفيديو الرقمي باستخدام خوارزمية عنقدة الألوان المضببة The Fuzzy Color Clustering Algorithm، تم فيه اكتساب الأطر (Frames) من الفيديو الرقمي وإدخال كل إطار على خوارزمية العنقدة المضببة وتم ربط النظام بجرس إنذار[Wang, 2006]، وفي العام نفسه قدم كل من Horng و Peng بحثاً تم فيه بناء طريقة لاستقطاع حدود لهب النار في لقطات فيديوية رقمية ملونة، وذلك باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، فتم العمل على الصور ذات النظام اللوني (HSL)، وتم معاملة هذه الألوان وإدخالها إلى شبكة التغذية العكسية (backpropagation) كطريقة لتمييز اللهب، فتم تدريب الشبكة العصبية المستخدمة على الخصائص اللونية للهب، وبعدها تم استقطاع اللهب من الصورة، ولكن هذا النظام طبق على عدد قليل من لقطات الفيديو الرقمي[Horng, 2006].

أما في مجال دراسة الهندسة الكسورية وتطبيقاتها، فقد قدم الباحث فودك Vuduc في عام 1997 بحثاً تضمن تقطيع الصور الرقمية باستخدام الهندسة الكسورية، حيث طرح مشكلة الحصول على الخوارزمية الأمثل لتقطيع الصور وتمييز الأشياء والرؤية الحاسوبية، فاقترح الباحث خوارزمية لمعالجة هذه المشكلة، إذ تضمنت إيجاد البعد الكسوري لكل نقطة ضوئية (Pixel) داخل الصورة الرقمية ثم تطبيق المدرج البياني (Histogram) على القيم الناتجة، ومن ثم دراسة النتائج وتحليلها ومعاملة كل مجموعة من القيم المتجانسة على أساس تشابه الخواص، والحصول على الصورة الناتجة بعد التقطيع[Vuduc, 1997]، وفي عام 2000 قدم الباحث آرو (Arrue) وآخرون بحثاً تضمن طريقة سريعة لاستخلاص الخواص المميزة للأشياء باستخدام البعد الكسوري، تعمل هذه الطريقة على إزالة جميع البيانات غير المفيدة، والتي تؤثر سلباً في العمل، ثم يتم إيجاد البعد الكسوري للبيانات المطلوبة بحيث إن قيمة البعد الكسوري تكون غير متأثرة بالضوضاء ولا تتأثر بحركة الكيانات أو دورانها وتتعامل مع البيانات اللاخطية، وأعطت هذه الطريقة نتائج تتلاءم مع متطلبات البحث بإيجاد الخواص المميزة للبيانات المدخلة.[Arrue, 2000]

في مجال تتبع الأهداف وكشفها يسعى الباحثون للوصول إلى مفهوم الرؤية الحاسوبية، والرؤية الحاسوبية هي إحدى مجالات علم الحاسوب والتي تهدف إلى بناء تطبيقات ذكية قادرة على فهم محتوى الصور كما يفهمها الإنسان، وتهدف الدراسات والبحوث للوصول إلى الذكاء الاصطناعي والذي يهدف لتصميم أنظمة ذكية تعطي الخصائص نفسها التي تُعرف بالذكاء في السلوك الإنساني، وبمعنى آخر هي استجابة الآلة بحيث توصف بأنها ذكية. [Dedeocglu, 2004][Wang, 2006]

2- الهدف من البحث

يهدف البحث إلى بناء خوارزمية تعمل على كشف لهب النار وتحديده في الصور الرقمية الملونة، إذ تعتمد بالدرجة الأساس على استخلاص خواص مناطق اللهب الناري بجميع أطيافه اللونية اعتماداً على البعد الكسوري، حيث يتم تقسيم الصورة المدخلة إلى مجموعة من المربعات المتساوية الأبعاد ثم حساب البعد الكسوري لكل مربع باستخدام خوارزمية تغيير البعدين (وهي إحدى خوارزميات تغيير البعدين) ثم يتم دراسة وتحليل قيم البعد الكسوري من مصفوفة الأبعاد الكسورية الناتجة، ليتم بعد ذلك التعرف على مناطق اللهب بوساطة الحاسوب من خلال تحديد الصفات والخصائص المشتركة لبقع اللهب بجميع أطيافه اللونية.

3- كشف لهب النار حاسوبياً

إن عملية تتبع الأهداف من التطبيقات المهمة، وذلك لدخولها في كثير من المجالات ومن أهمها تطبيقات الإنسان الآلي (Robert) ومجال أنظمة الحماية والأمن والمجال العسكري والمجال المدني ومجالات أخرى، فقد تمت الاستعانة بإمكانيات الحاسوب وقدراته والابتعاد عن الإمكانيات البشرية، وذلك لتجنب الخطأ وعدم الحاجة إلى عدد من المراقبين الذين يتعرضون للإرهاق وإجهاد العين البشرية نتيجة المراقبة، وهذه تعد من مساوئ استخدام القدرات البشرية [Dedeocglu, 2004][Horng, 2006].

كثيراً ما يحتاج العلماء إلى التحقق من وجود جسم ما أو حالة ما، وعادةً ما تستخدم لهذه العملية مقارنة للمعطيات الملتقطة مع مستوى عتبة فإذا تم تجاوز هذه العتبة، يكون القرار أن الهدف (الجسم أو الحالة التي نبحث عنها) موجود [Blanchet,2006][Wang, 2006]، إن الأسلوب التقليدي في كشف الهدف وتتبعه يتألف من خطوتين، الأولى يتم فيها استخلاص الخواص (feature extraction) للهدف، وتستخدم من اجلها خوارزميات لتقليل المعطيات الأولية إلى عدد قليل من المعاملات التي تخص الخواص (features) أو المصنفات (classifiers)، وفي الخطوة الثانية تُقيم المصنفات لتحديد ما إذا كان الهدف موجوداً أو غير موجود.[Guan, 2001][Nixon, 2002]

تعد معالجة الصورة الرقمية إحدى فروع علم الحاسوب والمعلوماتية [Sonka, 1998] والتي تهتم بإجراء عمليات على الصور الرقمية بهدف تحسينها طبقاً لمعايير محددة أو استخلاص بعض المعلومات منها، فتستخدم أنظمة معالجة الصورة في الكثير من التطبيقات، ولاسيما تطبيقات التحكم الآلي (الإنسان الآلي)، والتعرف على أنماط أو أجسام ضمن الصورة [Thyagarajan, 2006]، مثلاً التعرف على أماكن وجود اللهب الناري في صورة ما أو تحسس وجود كائن ما (Object) ضمن الصورة، فمن أجل تحديد اللهب فإنه من الممكن دراسة واجهة اللهب المتحركة وخواصها ومن ثم يتم تعيين اللهب أو عزل منطقته بالتالي يجب استخدام طريقة لتحديد هوية اللهب أو منشئه أو معرفة موقعه، ويكون ذلك من خلال التغيير المستمر في شكله داخل الصور المتحركة، والاختلاف في حدوده، فضلاً عن أنه يمتلك إحدى أهم الخصائص، وهي الضوء المنبعث من اللهب أي (شدة الإضاءة) وهذا يساعد على إمكانية تحديد اللهب وتتبعه. [Liu, 2002][Dedeocglu, 2004]

4- ما هو لهب النار

يمكن تعريف لهب النار على انه ناتج تفاعل كيميائي يحدث بين مادتين كيميائيتين أو أكثر مولدا الحرارة والضوء ومواد كيميائية أخرى (نواتج الاحتراق)، ولإدامة اللهب بشكل مستمر يجب أن تكون هناك طريقة لتجديد مؤنة المصادر أو المواد الكيميائية، كذلك يمكن تعريف اللهب الناري بأنه ظاهرة مقترنة بالتفاعل الكيميائي للغاز الذي يتم

تسخينه بدرجة أعلى من درجة حرارة اشـتعاله (إيقـاده) مـع غـاز آخـر يكـون عـادة الأوكسـجين الجـوي. [Fristrom, 1990]

تعد الحرارة والضوء خاصيتين تميزان التفاعل / التفاعلات الكيميائية الجارية [Fristrom, 1990]، واللهب هو الجزء المرئي الباعث للضوء من النار، حيث يعتمد لون اللهب ودرجة حرارته على نوع الوقود الداخل في عملية الاحتراق، وإن سطوع اللهب يكون عادةً بسبب الجسيمات الصلدة للمواد (من مصادرها الخارجية) الموجودة بشـكل طبيعـي أو صناعي في الغاز المحترق والمسخن إلى درجة التوهج، ويكون شكل اللهب في أغلب الأحيان علـى هيئـة مخـروط مجوف.[Horng, 2006][Dedeoglu, 2005]

أما صفات النار وخصائصها فهي:[Liu, 2002]

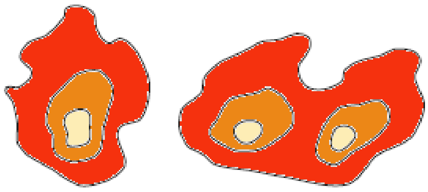
1- إن للنار تواقيع بصرية فريدة من نوعها منها اللون والشكل وغيرهما.

2- الخصائص الطيفية (اللونية) المتعددة في منطقة اللهب من الصورة، فالنقاط الضوئية (Pixels) في تلك المنطقـة تتميز بألوان اللهب الطيفية المتعددة، ففي الصور الملونة يرى اللون الأبيض اللامع في مركز أو صميم (Core) اللهب واللون البرتقالي والأصفر والأحمر وغيرها بعيدا عن مركز اللهب، وفي الصور الرماديـة (Grayscale) يـرى إن منطقة مركز (صميم) اللهب أكثر لمعاناً من المحيط.

3- الهيكلية الخاصة المميزة التي تتحدد في منطقة اللهب، فاللهب ذو هيكلية وشكل هندسـي متغيـر بـين اللحظـة والأخرى.

4- إن للهب حركة بلازمية متموجة وغير مستقرة ومتجهة نحو الأعلى.

5- إن لهب النار يتكون من طبقات (حلقات)، تتميز كل طبقة عن الأخرى بلونها ودرجة حرارتها ونوع التفاعل مـع المادة المحترقة وغيرها، ومنطقة اللهب قد تحتوي على مراكز لامعة متعددة اعتماداً على نقاط البقع الساخنة المتعددة، والشكل (1) يوضح ذلك.



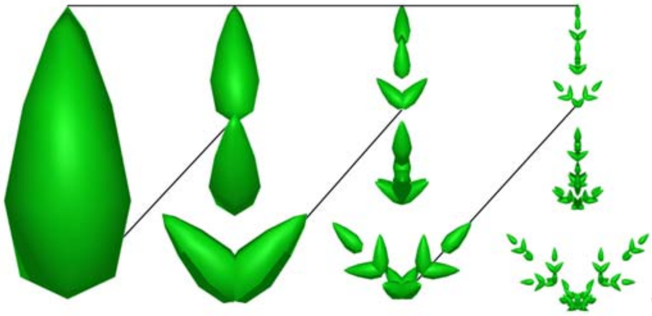
الشكل (1): مثال لتركيب الحلقات المتداخلة لمنطقة اللهب

أ: منطقة اللهب ذات المركزين . ب- منطقة اللهب ذات المركز الواحد.

5- الهندسة الكسورية Fractal Geometry

تعد الهندسة الكسورية فرعاً جديداً في مجال الرياضيات، وإن الهندسة الكسورية تصف العديد من الأشـكال الطبيعيـة مثل الأشرطة الساحلية والجبال والغيوم والأشجار، واحتلت الهندسة الكسورية المكانة الأوسع في مجال علم الحاسـوب حيث استخدمت بوصفها أداةً فاعلة في العديد من التطبيقات الحاسوبية، أبرزها تقنيات التقطيع الصوري، وتم اسـتخدام الهندسة الكسورية في مجال استخلاص الخـواص وضـغط البيانـات ودراسـة الأنظمـة الجيولوجيـة والعضـوية المعقدة[Falconer, 2003]، كما تصف الهندسة الكسورية العديد من الأوضاع والبنى التـي لا يمكـن تفسـيرها أو دراستها بالهندسة الرياضية الكلاسيكية.[Mandelbrot, 1982]

تدرس الهندسة الكسورية البنى الهندسية المؤلفة من كسوريات (Fractals) ومفردها (كسوري) ويمكن تعريفه بأنه جزء هندسي صغير جداً غير منتظم ذو أبعاد غير متناهية بالصغر، يمكن أن يتألف من أجزاء متشابهة مؤلفة بدورها من أجزاء متشابهة مشابهة للجزء الأم، وإن أهم خصائصه أنه كائن هندسي خشن غير منتظم على المستويات كافة، ويمكن تمثيله بعملية كسر شيء ما إلى أجزاء أصغر لكن هذه الأجزاء تشابه الجسم الأصلي [Mandelbrot, 1982]، تحمل الكسوريات في طياتها ملامح مفهوم اللانهاية وتتميز بخاصية التشابه الذاتي، أي أن مكوناتها مشابهة للكسورية الأم مهما كانت درجة التكبير، وغالبا ما يتم تشكيل الأشكال الكسورية عن طريق عمليات أو خوارزميات متكررة، مثل العمليات التراجعية (recursive) أو التكرارية (iterative) [Edgar, 2008]، وكما في الشكل (2).



الشكل (2): الخاصية التكرارية في الأشكال الكسورية

1-5 خاصية التشابه الذاتي (self-similarity)

تعد خاصة التشابه الذاتي المفهوم المركزي والأساس للهندسة الكسورية، وتعني التشابه بين الأجزاء المكونة للشكل، أي أن الجزء من الكل يشبه تماماً ذلك الكل.[Edgar, 2008][Devaney, 1988].

إن خاصية التشابه الذاتي يمكن دراستها في الأشكال الأحادية البعد مثل الخط المستقيم، فيمكن تقسيم الخط إلى N من الأجزاء كما في الشكل (3) بحيث إن كل جزء مقاس بالنسبة إلى الطول الكلي للخط المستقيم، وذلك بدراسة المعادلة (1): [Devaney, 1988] [الطائي، 2004]

$$r = \frac{1}{N} \qquad \text{.......(1)}$$

الشيء نفسه بالنسبة إلى الكائنات الثنائية البعد مثل مساحة المربع يمكن تقسيمها إلى N من الأجزاء المتساوية كما في الشكل (3) وكما في المعادلة (2)، [Devaney, 1988][Edgar, 2008]

$$r = \frac{1}{\sqrt{N}} \qquad \text{.......(2)}$$

وفي الكائنات الثلاثية البعد مثل حجم المكعب فيمكن تقسيمه إلى N من الأجزاء المتساوية وكما في المعادلة (3)، [Barnsley, 1988][Edgar, 2008]

$$r = \frac{1}{\sqrt[3]{N}} \qquad \text{.......(3)}$$

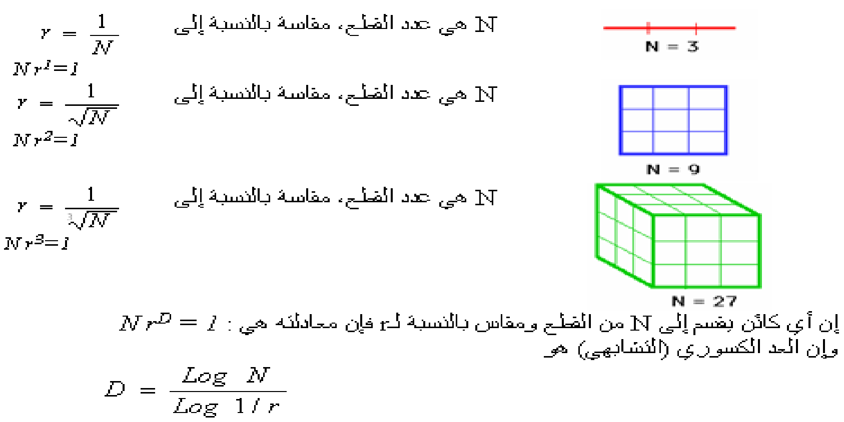
إن دراسة خاصية التشابه الذاتي لأي كائن (Object) تتم بتقطيعه إلى N من العناصر المتشابهة، بحيث إن جميع القطع لها المقياس نفسه نسبة إلى عامل التقييس r، فيمكن حسابه من المعادلتين (4) و(5). [Barnsley, 1988][Edgar, 2008]

$$r = \frac{1}{\sqrt[d]{N}} \qquad \text{.......(4)}$$

$$N = \frac{1}{r^d} \text{ .... }(5)$$

من المعادلتين السابقتين نحصل على عدد الأجزاء المتشابهة N بالنسبة لعامل التقييس r للعناصر بشكل كامل كما في الشكل (3)، ويمكن حساب البعد الكسوري أو البعد التشابهي من خلال المعادلة (6)، [Barnsley, 1988][Edgar, 2008]

$$D = \frac{\log(N)}{\log(\frac{1}{r})} \text{ .... }(6)$$



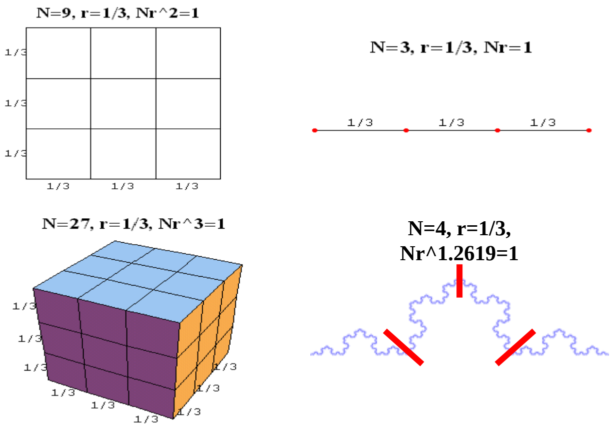
الشكل (3): دراسة الأبعاد

2-5 البعد الكسوري Fractal Dimension

إن من أهم خصائص الهندسة الكسورية هو البعد الكسوري فبه نستطيع تمثيل الأشكال غير المنتظمة، والتي لا يمكن تمثيلها من خلال الهندسة الاقليدية[Lofstedt, 2008]، ومن أجل دراسة الكسوريات ووصفها بدقة نحتاج إلى تقنيات جديدة مختلفة عما تقدمه طرائق الحساب والهندسة الكلاسيكية، ويعد مفهوم البعد dimension أداةً رئيسةً في هذا الميدان، ومن الواضح أن الخط والمنحني الأملس له بعد واحد، أما السطوح فلها بعدان، والمكعب له ثلاثة أبعاد كما في الشكل (4)، لكن الأمر ربما يكون أقل وضوحاً عندما نقول إن منحنى فون كوخ ذو بعد 1.262، وأن مجموعة الثلث الأوسط لكانتور ذات بعد 0.631.، ذلك أن الباحث ماندلبروت سمح باستخدام الأبعاد غير الصحيحة لوصف الأشكال والظواهر التي تملك خاصية التشابه الذاتي بخلاف الهندسة الاقليدية التي تستخدم الأبعاد الصحيحة للوصف.[Barnsley, 1988]

يمتاز البعد الكسوري بأنه محاولة لقياس أو لتعريف الأنموذج، وعادة ما يكون عدداً كسرياً، ومن خصائصه أنه غير متغير (Invariant) تحت تأثير التزحيف (Translation) والتدوير (Rotating)، وان قيمته تزداد بازدياد درجة التعقيد، وأيضاً لا يختلف البعد الكسوري للأشكال الهندسية عن بعدها التوبولوجي، على سبيل المثال فإن الخط المستقيم هو نفسه عند كل المقاييس وعند التكبير لا تظهر هناك أية تفاصيل إضافية، كما إن البعد الكسوري لمجموعة التشابه الذاتي تتعلق مباشرة بنسبة المقياس للمجاميع الجزئية من التشابه الذاتي.[Lofstedt, 2008][Edgar, 2008] ، ومن الممكن أن تُفسر تفسيراً يسيراً ما تعنيه الأبعاد في الهندسة الكسورية بما يأتي: إن القطعة المستقيمة في الشكل (4) تُشكل أربع نسخ من ذاتها مصغرةً بنسبة 1/4، لذلك نقول إن هذه القطعة ذات بعد يساوي log(4)/log(4)=1،

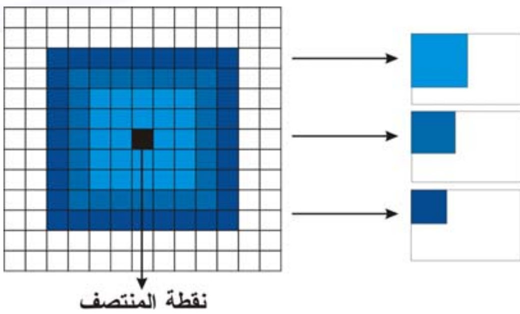
بالطريقة نفسها، يكون بعد منحنى فون كوخ log(4)/log(3)=1.2619، والرقم الناتج يسمى بعد التشابه (similarity dimension) للمجموعة.[Mandelbrot, 1982]



الشكل (4): البعد الكسوري والعلاقة مع N و r

3-5 طريقة تغيير البعدين لحساب البعد الكسوري

تعد طريقة تغيير البعدين من أفضل الطرائق التي تتعامل مع النقاط الضوئية (Pixels) في الصور الرقمية الرمادية 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 متساو حول نقطة المنتصف وإيجاد البعد الكسوري كما في الشكل (5)، 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 من قيم logN(r) و log(1/r). [الطائي، 2003][Kraft, 1995][Conci, 2003]



الشكل (5): طريقة عمل خوارزمية تغيير البعدين

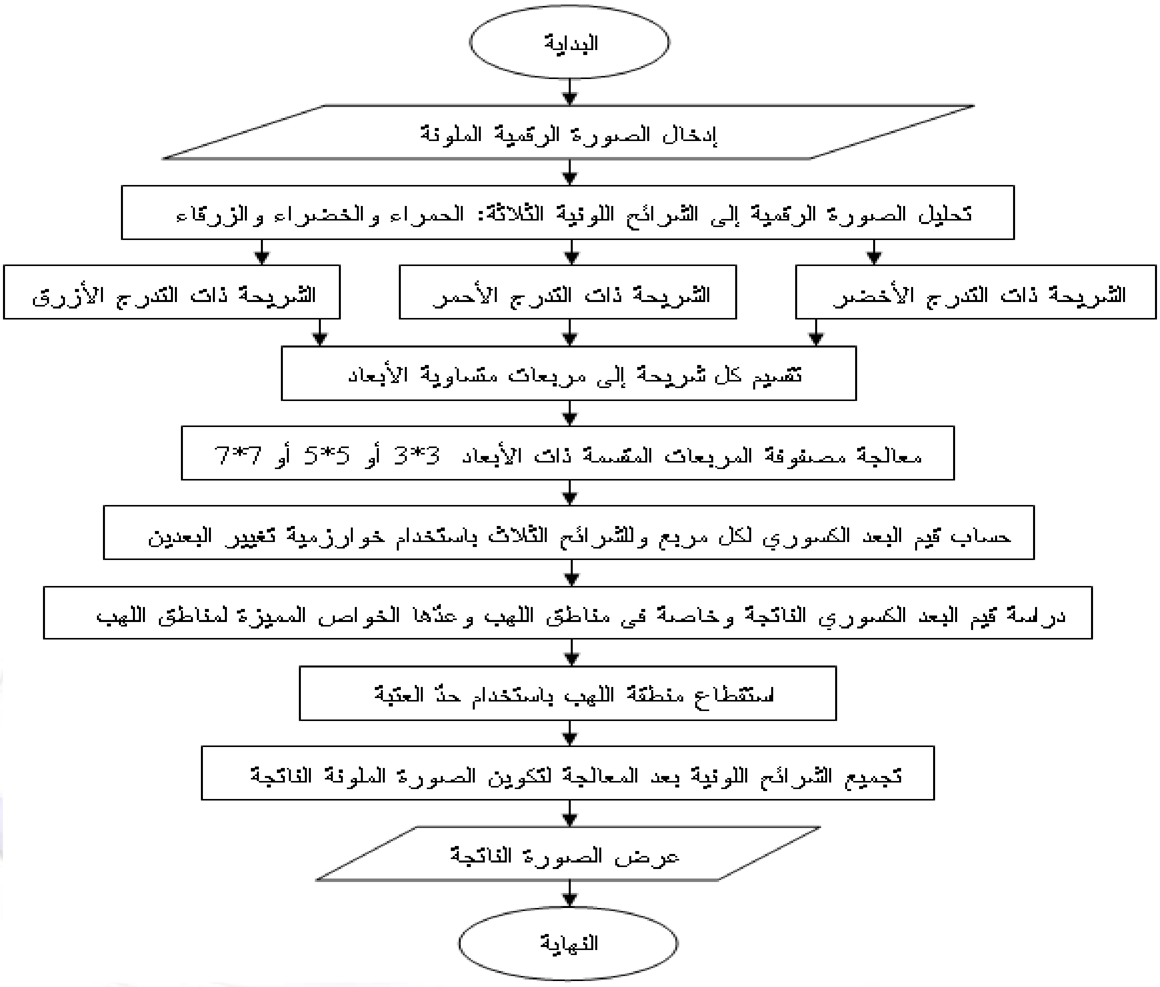
ولغرض استخدام الخوارزمية لحساب البعد الكسوري في الصور الرمادية، يتم أولاً حساب القيمة العظمى والقيمة الصغرى لقيم التدرجات الرمادية في كل مربع وتحدد قيمة N(r) بإيجاد الفرق بين القيمتين، وأن قيمة r هي طول الضلع الجانبي للمربع الحالي، ويتم حساب قيمة البعد الكسوري من المعادلتين (7) و(8)،[Kraft, 1995]

$S = \text{Log } N(r) / \text{Log } (1/r)$……………………………………………….(7)

$D = 3 - \frac{S}{2}$ ……………………………………………………(8)

6- المخطط العام لخوارزمية العمل

تم اعتماد خطوات متتابعة لغرض تنفيذ الخوارزمية ويمكن تمثيل المراحل التي سوف تعتمد فـي الخوارزميـة فـي المخطط الانسيابي (1).



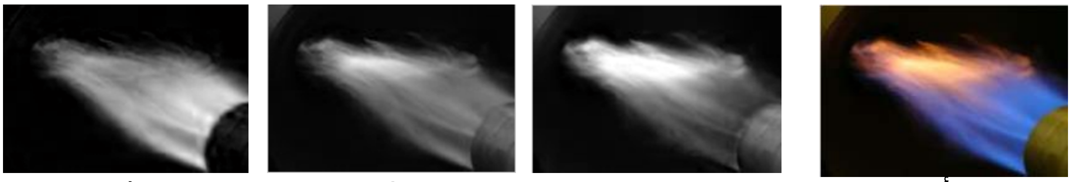
المخطط الانسيابي(1): المخطط العام لخوارزمية العمل

7- مراحل عمل الخوارزمية

تم اعتماد مراحل متتابعة لغرض تنفيذ الخوارزمية كالآتي:

المرحلة الأولى: إدخال الصورة الرقمية: يتم إدخال الصورة الرقمية إلى الحاسوب باستخدام كاميرات رقمية ملونـة أو بوساطة سحبها وتحميلها من شبكة الانترنيت، وأيضاً تم الاعتماد على ملفات صورية جاهزة ومخزونة مسبقاً، وعـن طريق البرمجيات اللازمة يتم تحويل امتداد ملف الصورة الرقمية المدخلة إلى ملف بامتداد BMP، ثـم معرفـة دقـة الصورة (Resolution) وذلك بتحديد عدد الألوان التي تعتمد عليها الصورة، ثم تحديـد أبعـاد الصـورة (الطـول والعرض).

المرحلة الثانية: تحليل الصورة الرقمية الملونة : يتم تحليل الصـورة الرقمية الملونة (RGB image) إلى ثـلاث صـور (شرائح) منفصلة وهي صورة ذات التدرجات الزرقاء (BLUE image) وصورة ذات التدرجات الحمـراء (RED image) وصورة ذات التدرجات الخضراء (GREEN image)، وتكون قيم النقاط الضوئية للصور الـثلاث الناتجة ما بين (0..255)، كما في الشكل (6)



د ج ب أ

الشكل (6): تحليل الصورة الملونة إلى الألوان الثلاثة، أ-الصورة المدخلة،ب- الشريحة الحمراء، ج-الشريحة الخضراء، د-الشريحة الزرقاء

المرحلة الثالثة: تعيير الصورة الرقمية Digital Image Normalization: من ضمن متطلبات المعالجة الأولية للصورة هي تعيير الصورة المدخلة، إذ يتم تحسين أداء العمل من خلال تحويل بيانات الصورة من أرقام صحيحة (integer number) إلى أرقام حقيقية (real number) لكي تكون بيانات الصورة ضمن المدى [0 . . 1]، وبما أن الصورة التي استخدمت في البحث هي من نوع 24- bit map فإن كل شريحة لونية (زرقاء، خضراء، حمراء) (Red, Green, Blue) تتألف من (8 bit)، وتتم عملية التعيير هذه عن طريق قسمة قيم كل قناة لونية على (255.0).

المرحلة الرابعة: تحسين الصورة الرقمية : يتم العمل على تحسين الصور المدخلة من خلال ضبط التباين (Contrast alteration) بحيث إن هذه العملية تقوم بزيادة نسبة التباين للمستويات اللونية الثلاثة (الأحمر والأخضر والأزرق) في الصورة التي يراد معالجتها مما تنتج عنه زيادة في تباين الصورة ذات التباين الواطئ الذي قد ينتج عن ضعف الإضاءة أثناء التصوير أو عدم ضبط آلة التصوير بشكل جيد أثناء التقاط الصورة، وإن انخفاض التباين في الصورة غالباً ما يؤدي إلى عدم وضوح الصورة وتفاصيلها وصعوبة التعامل معها، وتُعد عملية ضبط التباين من المعالجات الأولية التي تجري على الصورة المدخلة حيث تعمل على تعديل الكثافة اللونية للصورة المدخلة [Thyagarajan, 2006][Blanchet, 2006]، ففي بعض الأحيان تكون قيم المدرج البياني للصورة غير منتظمة وأحياناً تكون الشدة اللونية غير موزعة بشكل جيد ضمن الصورة، فمن خلال عملية ضبط التباين ستعمل على إعادة ترتيب قيم مستويات الشدة اللونية ضمن المدى (0..1) أو (0..255) للصور الرمادية [Lukac, 2007]، والشكل (7) يوضح نتيجة ضبط التباين بالنسبة للصورة الملونة، وإن عملية ضبط التباين تتم عن طريق المعادلة الآتية:

$$I_{out} = \frac{I_{in} - I_s}{\sigma_s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

حيث إن:

I_{in} التدرجات اللونية للصورة الأصلية.

I_s متوسط القيم اللونية المأخوذة من الصورة الأصلية لمجاورات النقطة الضوئية $I_{in}(x,y)$.

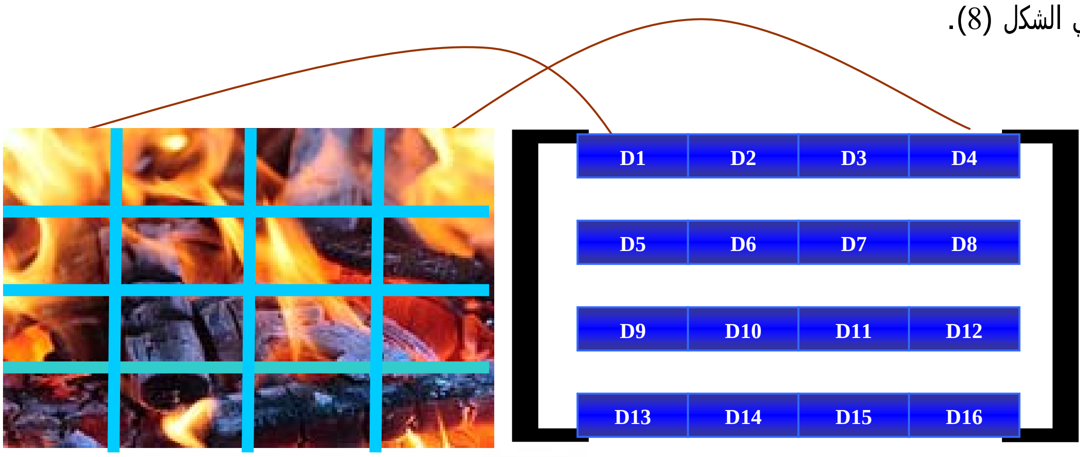
σ_s الانحراف المعياري لـ s، وان s هي عدد النقاط الضوئية.

I_{out} القيمة اللونية الناتجة للنقطة الضوئية (x,y).

ب أ

الشكل (7): ضبط التباين بالنسبة للصورة الملونة، أ-الصورة المدخلة، ب-الصورة بعد المعالجة الأولية

المرحلة الخامسة: حساب قيم البعد الكسوري: بدايةً يتم تقسيم الصورة الرقمية إلى عدد متساو من المربعـات (sub-image) بحيث إن كل مربع يكون ذا أبعاد متساوية، ثم يتم حساب قيمة البعد الكسوري لكل مربع من مربعات التقسيم باستخدام خوارزمية تغيير البعدين لتكوين مصفوفة الأبعاد الكسورية التي تحتوي على قيم البعد الكسوري لكل مربـع وكما في الشكل (8).



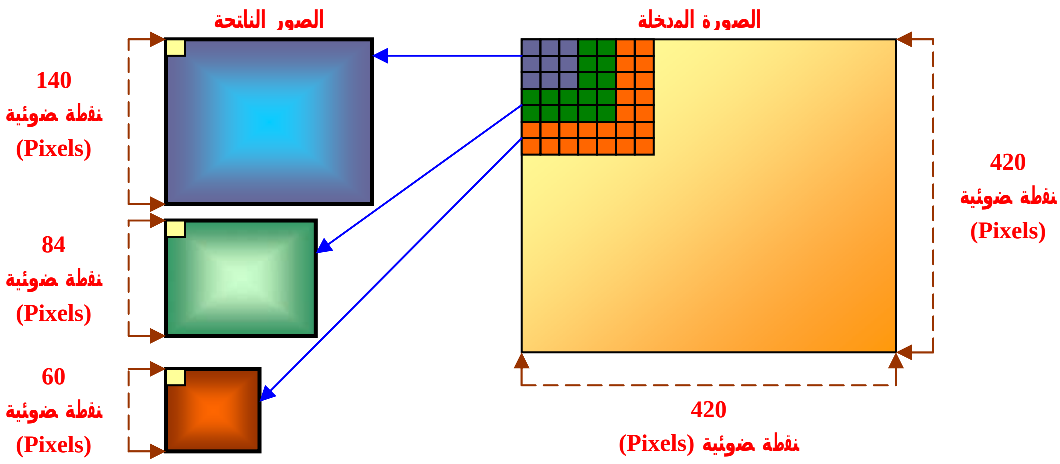
الشكل (8): الصورة المقسمة ومصفوفة الأبعاد الكسورية

تم الاعتماد على أبعاد محددة لمربعات التقسيم في البحث، وتمت دراسة النتائج لكل واحد منها وتمت المقارنـة فيما بينها والاعتماد على أفضل النتائج، فتم أخذ الأبعاد الآتية لمربعات التقسيم:

1- مربعات ذات أبعاد 7*7: يتم إدخال الصورة الرقمية ثم تغيير أبعادها بما يتوافق مع مربعات التقسيم، بعدها يـتم تغطية الصورة بشبكة من المربعات ذات الأبعاد المتساوية (7*7)، ثم تحسب قيمة البعد الكسوري لكل مربع ليتم بعدها تكوين مصفوفة الأبعاد الكسورية كما في الشكل (9)، ثم دراستها وتحليلها.

2- مربعات ذات أبعاد 5*5: في هذه الحالة يتم تغطية الصورة المدخلة بشبكة من المربعات ذات الأبعـاد المتسـاوية (5*5)، ثم تحسب قيمة البعد الكسوري لكل مربع ليتم بعدها تكوين مصفوفة الأبعاد الكسورية كما في الشكل (9)، ثـم دراستها وتحليلها.

3- مربعات ذات أبعاد 3*3: في هذه الحالة يتم تغطية الصورة المدخلة بشبكة من المربعات ذات الأبعـاد المتسـاوية (3*3) مما سينتج زيادة في عدد المربعات مع صغر في مساحة كل مربع، ثم تحسب قيمة البعد الكسوري لكل مربـع ليتم بعدها تكوين مصفوفة الأبعاد الكسورية كما في الشكل (9)، ثم دراستها وتحليلها.



الشكل(9): تقسيمات الصورة المدخلة

أما خوارزمية تغيير البعدين المعتمدة في البحث فهي كالآتي:

1- قراءة محتويات الصورة وتعديل أبعادها بحيث تكون مربعة IM [N*N].

2- تقسيم الصورة المدخلة إلى مربعات بحيث إن كل مربع يتم معاملته على انه صورة فرعية "WIN" ويتم تطبيق النقاط الآتية عليه.

3- حساب نقطة المركز لكل مربع.

4- إنشاء العداد (p) ابتدائياً بقيمة (صفر)، والمتغير r ابتدائيا بقيمة 3.

5- حساب معدل النقاط الضوئية (Pixels) الواقعة ضمن مربع التكرار "WIN" والذي طول ضلعه (r) والناتج يمثل N(r).

6- حساب قيمة S باستخدام المعادلة (11).

$$S = \text{Log } N(r) / \text{Log } (1/r) \quad \ldots\ldots(11)$$

7- جعل مربع التكرار أكبر بزيادة r بمقدار قسمين لكل بعد، وزيادة p بمقدار 1.

8- الاحتفاظ بقيمة S، مع تكرار الخطوات من 4 إلى 6 حتى يغطي مربع التكرار الصورة كاملة في إطار المصفوفة IM.

9- إيجاد معدل نواتج S من التكرارات السابقة ووضع الناتج في B.

10- حساب البعد الكسوري D باستخدام المعادلة (12):

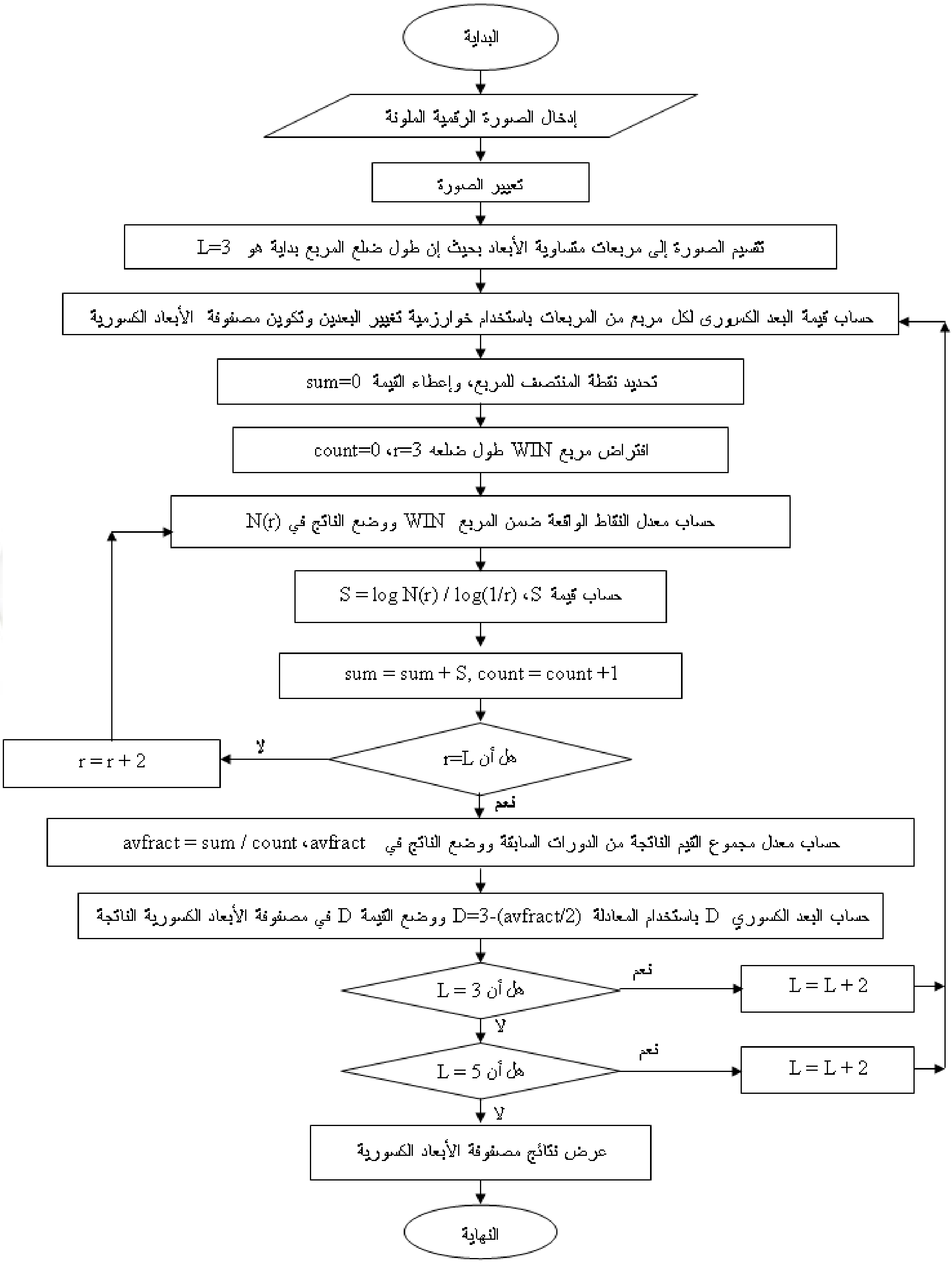
$$D = 3 - \frac{B}{2} \quad \ldots\ldots(12)$$

والمخطط الانسيابي (2) يوضح خطوات عمل خوارزمية تغيير البعدين المعتمدة في البحث.

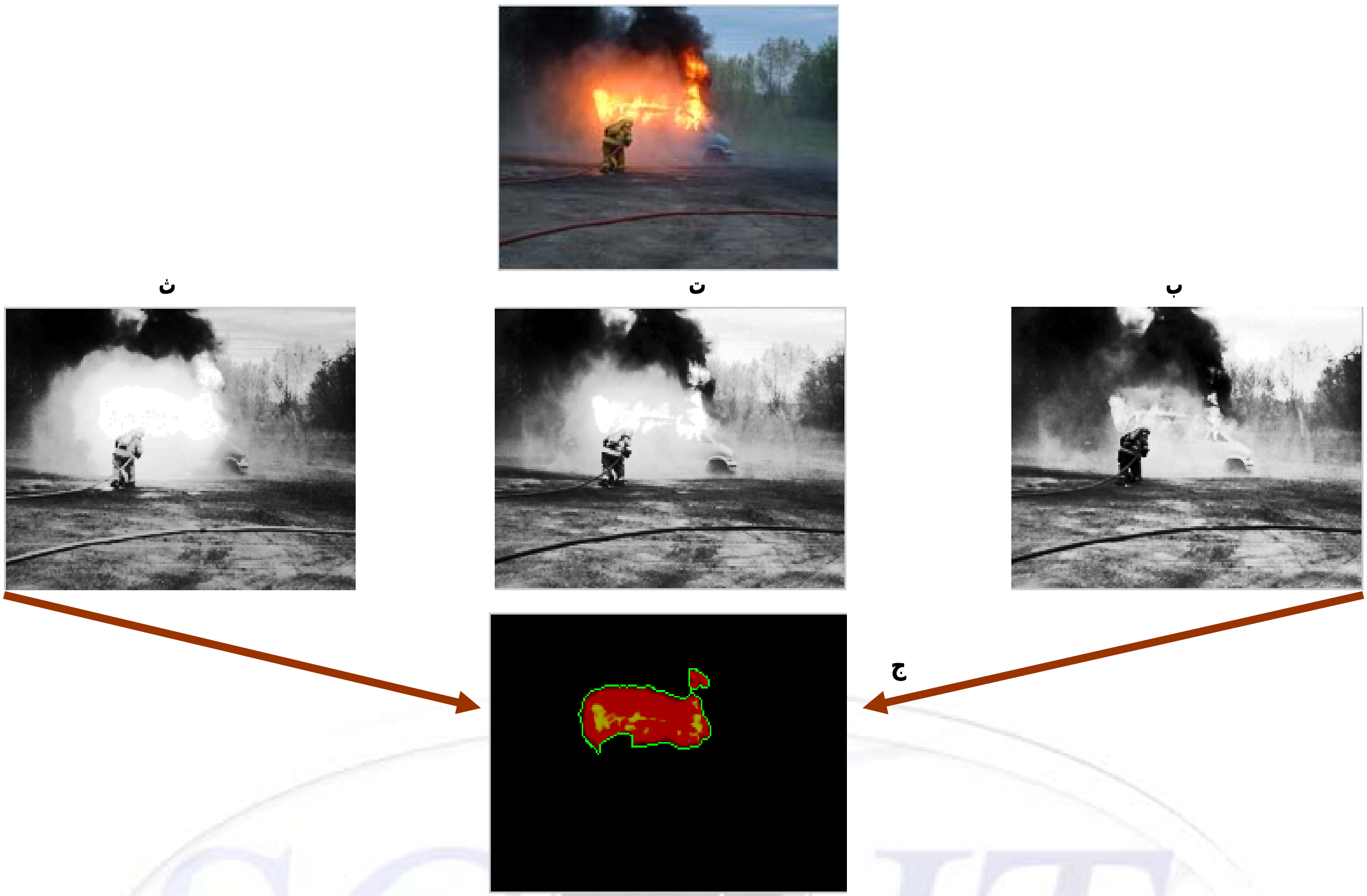
المرحلة السادسة: دراسة مصفوفة قيم البعد الكسوري: في هذه المرحلة تتم دراسة قيم البعد الكسوري الناتجة، وتُعد مرحلة إيجاد قيم الأبعاد الكسورية مرحلةً لاستخلاص خواص جميع مكونات الصورة الرقمية المدخلة، فيتم العمل على فهم وتحليل الأبعاد الكسورية في المناطق التي يتمركز فيها لهب النار بجميع أطيافه اللونية. فلتحديد لهب النار وكشفه فإن خصائصه في الصورة الرقمية هي التي تحدد منطقة اللهب ولونه، وان أهم الخصائص المميزة للهب هي لونه وحركته المتموجة وغير المستقرة، فلو تم العمل على استخلاص طيف اللهب بشكل دقيق يصبح التعرف أسهل (وهذا يعني انه تم حذف معلومات أخرى غير مفيدة)، ولكن لا يمكن بسهولة فصل المعلومات الطيفية للهب الناري لذا يجب أن يتم العمل على مجموعة من العمليات (مثل دراسة أنواع ألوان اللهب وأطيافه) التي تساعد في ذلك، ثم يتم العمل على حساب مجموعة من القيم التي تحدد منطقة الطيف المطلوبة وكلما اختلفت منطقة طيف اللهب الناري عن مجاوراتها من المناطق كلما كان الاستخلاص أفضل فيصبح التمييز بينها سهل، وهناك العديد من الطرائق المستخدمة لاستخلاص خواص الصورة وتعد الهندسة الكسورية إحدى هذه الطرائق، وكون ذلك عن طريق تقليص المعلومات التابعة للصورة وذلك بإيجاد الأبعاد الكسورية لكل منطقة من الصورة واستخدام الأدوات المتوفرة لهذا الغرض.

المرحلة السابعة: استقطاع منطقة لهب النار: لتمييز كائنات (Objects) معينة داخل الصورة الرقمية أو تحليل مشاهد الصورة فان عملية تقطيع الصور وتحديد الحافات من الخطوات الأساسية الأولى في معظم تطبيقات الحاسوب على الصور الرقمية، فهناك العديد من التقنيات المستخدمة لتقطيع الصور الرقمية وإن اختيار الطريقة المناسبة للتقطيع يعتمد على نوع الصورة التي يتم التعامل معها والغرض من التقطيع. إن مرحلة تحليل مكونات الصورة واستخلاص خواصها من خلال إيجاد قيم الأبعاد الكسورية تُعد خطوة أساسية للبدء بعملية تقطيع الصورة، فمن خلال دراسة

خواص مكونات الصورة تم اختيار طريقة حد العتبة (Threshold) لإكمال عملية التقطيع كونها الطريقة المناسبة والتي تتلاءم مع معطيات البحث، ليتم استقطاع اللهب وتمييزه عن بقية المكونات الموجودة داخل الصورة، والشكل (10) يوضح المراحل التي تمت فيها استقطاع منطقة اللهب.



المخطط الانسيابي(2): خطوات عمل خوارزمية تغيير البعدين المعتمدة في البحث

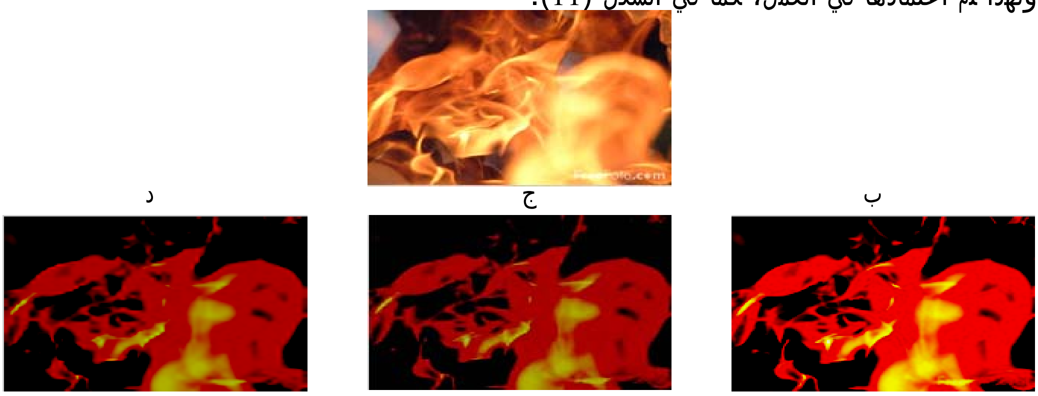


الشكل(10): كشف لهب حريق السيارة عن بعد، أ-الصورة المدخلة، ب-الشريحة الزرقاء، ت-الشريحة الخضراء، ث-الشريحة الحمراء، ج-الصورة الناتجة

8- مناقشة النتائج:

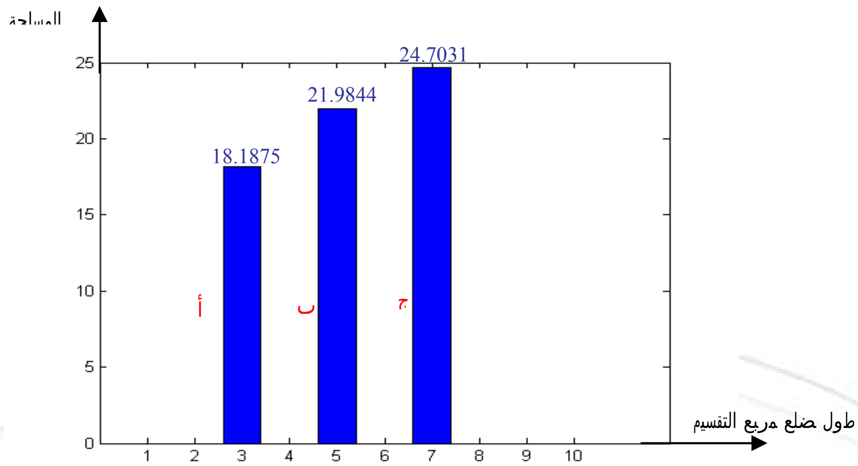
من أجل متطلبات العمل لخوارزمية كشف لهب النار تم بناء مجموعة من الـدوال بلغـة Matlab V7.6 (R2008a) لغرض التطبيق، فقد تم التطبيق على عينات مختلفة زادت على 300 صورة رقمية ملونة حاوية علـى لهـب النـار بأطيافه اللونية المختلفة والتي تم الحصول عليها بوساطة أجهزة الكاميرا الرقمية أو من خلال شبكة الانترنيت.

بعد تقسيم الصورة المدخلة إلى شبكة من المربعات حسبت قيم البعد الكسوري لكل مربع، وتم التطبيق على المربعـات ذات الأبعاد (7*7) و (5*5) و (3*3)، وكل تقسيم له نتائجه الخاصة به، ومن خلال ملاحظة النتائج وتتبعها لكل من المربعات من ناحية دقة العمل وزمن التنفيذ تبين أن استخدام المربعات ذات الأبعاد (3*3) تعطي نتائج أفضـل مـن البقية، ولهذا تم اعتمادها في العمل، كما في الشكل (11).



الشكل(11): معالجة مناطق لهب النار، أ-الصورة الأصلية، ب-الصورة الناتجة من المربعات ذات الأبعاد 3*3، ج-الصورة الناتجة من المربعات ذات الأبعاد 5*5، د- الصورة الناتجة من المربعات ذات الأبعاد 7*7

أما من ناحية حساب زمن التنفيذ فبعد الحصول على النتائج من خلال تقسيم الصورة إلى مربعات ذات أبعاد مختلفة كما في الشكل (11)، تم الحصول على زمن تنفيذ لكل من النتائج الثلاثة السابقة والتي تم تطبيقها على جهاز حاسوب ذي مواصفات معينة، حيث إن وحدة المعالجة المركزية (CPU) المستخدمة في جهاز الحاسوب ذات تردد (3GH) وأما ذاكرة الوصول العشوائي (RAM) فهي بسعة (1 G)، ومن خلال العمل تبين أن زمن التنفيذ بالنسبة للصورة الناتجة من مربعات التقسيم ذات الأبعاد 3*3 استغرقت أقل وقت، بينما الصورة الناتجة من مربعات التقسيم ذات الأبعاد 7*7 استغرقت أكثر وقت، كما هو موضح في الشكل (12).



الشكل(12): زمن التنفيذ لكل نتيجة في الشكل (11)، حيث ان: ا-زمن التنفيذ بالنسبة للصورة الناتجة من مربعات التقسيم ذات الأبعاد 3*3 (أقل زمن تنفيذ)، ب-زمن التنفيذ بالنسبة للصورة الناتجة من مربعات التقسيم ذات الأبعاد 5*5(متوسط الزمن)، ج-زمن التنفيذ بالنسبة للصورة الناتجة من مربعات التقسيم ذات الأبعاد7*7(أعلى زمن تنفيذ)

9- الاستنتاجات:

من خلال تطبيق خوارزميات المنظومة المقترحة لكشف لهب النار وتحديده باستخدام الهندسة الكسورية فـي الفيـديو الرقمي ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها، تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:

1- أظهرت النتائج أن استخدام البعد الكسوري أداة فعالة ومشجعة في استخلاص خواص لهب النار وعده صفة مميزة له وبأطيافه اللونية جميعاً، كما أكدت النتائج على أن البعد الكسوري معيار تحليلي فعال في استقطاع مناطق اللهب، فتم التطبيق على عينات متنوعة احتوت على لهب النار في مواقع مختلفة، مع العلم أن كل مادة محترقة تعطي أطيافاً لونية مختلفة.

2- إن استخدام طريقة تغيير البعدين لحساب البعد الكسوري للصور المحتوية على لهب النار أعطـت نتـائج دقيقـة ومتوافقة مع متطلبات البحث.

3- إن تحليل مكونات الصورة واستخلاص خواصها من خلال إيجاد قيم الأبعاد الكسورية أظهرت نتائج إيجابية فـي عملية تقطيع الصورة، ولإتمام العمل بعزل مناطق اللهب تم استخدام طريقة حد العتبة (Threshold).

4- في عملية حساب البعد الكسوري يتم تقسيم الصورة المدخلة إلى عدد متساوٍ من المربعات بحيث إن كـل مربـع يكون ذا أبعاد متساوية ثم حساب قيمة البعد الكسوري لكل مربع من مربعات التقسيم باستخدام خوارزمية تغيير البعدين لتكوين مصفوفة الأبعاد الكسورية التي تحتوي على قيم البعد الكسوري لكل مربع، فكلما زاد حجم (أبعـاد) مربعـات التقسيم (ويعني النقصان في عددها) المستخدمة لحساب البعد الكسوري أدى ذلك إلى زيادة في الوقت المستغرق لتنفيـذ الخوارزمية وأيضاً تؤثر سلباً في النتائج المطلوبة.

10- الأعمال المستقبلية:

إن ما تم بناؤه يمكن أن يكون نقطة انطلاق لأفكار وأعمال مستقبلية ذات أهداف مشتركة، ولغرض الوصول إلى صيغة متكاملة للعمل تم اقتراح الأعمال المستقبلية الآتية:

1- يمكن الاعتماد على نتائج البحث في تحديد المسافة بين مواقع اللهب وكاميرا المراقبة.

2- يمكن تطوير نتائج هذا البحث من خلال تحديد المادة المحترقة اعتماداً على الطيف اللوني، والتي لها فائدة كبيرة في المختبرات الكيميائية.

3- يمكن الاعتماد على فكرة الذكاء الاصطناعي لأجل تحديد قيم الأبعاد الكسورية الناتجة للمناطق التي يتمركز فيها لهب النار وبأطيافه اللونية كافة.

4- استخدام خوارزميات أخرى لحساب البعد الكسوري للصور المحتوية على لهب النار بدلاً من طريقة تغيير البعدين ومقارنة نتائجهما للوصول إلى أفضل الأساليب التي تؤدي إلى تحسين الخوارزمية المقترحة.

المصادر Reference:

1- الطائي، إخلاص عبد الجبار 2004، "تمييز الأشياء الطبيعية في الصور الرقمية"، رسالة ماجستير، قسم علوم الحاسبات، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.

1- Dedeocglu Y., 2004, " MOVING OBJECT DETECTION, TRACKING AND CLASSIFICATION FOR SMART VIDEO SURVEILLANCE ", thesis of partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science, submitted to the department of computer engineering and the institute of engineering and science of bilkent university.

2- Horng W. B., Peng J. W., 2006, "Image-Based Fire Detection Using Neural Networks", Department of Computer Science and Information Engineering, Tamkang University, Taipei, Taiwan, E-mail: {horng@mail.tku.edu.tw, pchw8598@gmail.com}.

3- Wang S. J., Tsia M. T., Ho Y. K. and Chiang C. C., 2006, "Video-Based Early Flame Detection for Vessels By Using the Fuzzy Color Clustering Algorithm", Department of Computer Science, chung cheng Institute of Technology, National Defense University, Taiwan, sjwang@ccit.edu.tw.

4- Vuduc R., 1997, "Image Segmentation using Fractal Dimension", GEOL 634, Cornell University.

5- Arrue B. C., Ollero A. and Martinez de Dios J. R., 2000, “An Intelligent System for False Alarm Reduction in Infrared Forest-Fire Detection”, IEEE Intelligent Systems, pp. 64-73.

6- Blanchet G., Charbit M., 2006, "Digital Signal and Image Processing using MATLAB", Digital Signal And Image Processing Series, ISTE Ltd.

7- Guan L., Kung S. Y., Larsen .J, 2001, "MULTIMEDIA IMAGE and VIDEO PROCESSING", IMAGE PROCESSING SERIES, Adaptive Image Processing: A Computational Intelligence Perspective, CRC Press LLC.

8- Nixon M. S., Aguado A. S., 2002, "Feature Extraction and Image Processing", 1st edition, Newnes, PLANTA TREE.

9- Liu C. B. and Ahuja N., 2002, "Vision Based Fire Detection", Beckman Institute, University of Illinois at Urbana-Champaign Urbana, IL 61801, {cbliu, ahuja}@vision.ai.uiuc.edu.

10- Sonka M., Hlavac V., Boyle R., 1998, "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", 2nd edition, published by PWS.

11- Thyagarajan K. S., 2006, "Digital Image Processing with Application to Digital Cinema", ELSEVIER, Focal Press, Focal Press is an imprint of Elsevier.

12- Fristrom R. M., 1990, "Flame structure studies: past, present and future", The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Pure and Appl. Chem., Vol. 62, No. 5, pp. 839-849, 1990.

13- Dedeoglu Y., Toreyin B. U., Gudukbay U. and Cetin A. E., March 2005, "REAL-TIME FIRE AND FLAME DETECTION IN VIDEO", IEEE International Conference on Acoustics, speech, and Signal Processing (ICASSP), pp. 669-672.

14- Phillips III W., Shah M. and da Vitoria Lobo N., 2002, “Flame Recognition in Video”, Pattern Recognition Letters, vol. 23, pp. 319-327.

15- Falconer K., 2003, "FRACTAL GEOMETRY", Mathematical Foundations and Applications, 2nd edition, John Wiley & Sons Ltd, England.

16- Mandelbrot, B. B., 1982, “The Fractal Geometry of Nature”, W. H. Freeman Co., New York, 2nd edition.

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

18- Devaney R.L., Barnsley M.F., Mandelbrot B.B., Peitgen H.O., Voss R.F., 1988, "The Science of Fractal Images", with contributions by Y.Fisher M.McGuire, Springer-Verlag New York INC.

19- Lofstedt T., (2008), "Fractal Geometry, Graph and Tree Constructions", Department of Mathematics and Mathematical Statistics, Umea University, SWEDEN.

20- Barnsley M., (1988), "FRACTALS EVERYWHERE", School of Mathematics, Atlanta, Georgia, Academic Press.

21- Kraft R., Kauer J., 1995, "Estimating the Fractal Dimension from Digitized Images", Munitch University of Technology-Weihenstephan, Germany.

22- Conci A., Aquino F. R., 2005, "Fractal coding based on image local fractal dimension", IC – Computer Institute, Department of Computer Science, UFF – Federal Fluminense University, Volume 24, N. 1, pp. 83–98, 2005.

23- Lukac R., Plataniotis K. N., 2007, "Color Image Processing", Methods and Applications, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group.