

# كشف الحافات في الصور الرمادية باعتماد تحويل الموجة

<sup>1</sup> خليل إبراهيم السيف و <sup>2</sup> إبراهيم احمد صالح

<sup>1</sup> قسم علوم الحاسبات ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق  
<sup>2</sup> قسم هندسة البرمجيات ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

## الخلاصة

في هذا البحث تم استخدام تحويلات الموجة (المعتمدة بشكل واسع في كبس الأشارة ومعالجة البيانات بمراحل متقدمة في مجال الوسائط المتعددة *Multimedia*) في عملية كشف الحافات من خلال خوارزمية تعتمد على مويجه مولت (*Mollet wavelet*) باستخدام عدة قياسات وتطبيقها على صور متنوعة وقد تم اعتماد صورتي الموناليزا ولينا وتطبيقها على نظام *matlab* ، حيث تبين انه كلما كان عدد معاملات المويجه اكبر يؤدي إلى ضيق بعرض الحافة ويساعد على التخلص من الضوضاء الموجود في الصورة والعكس صحيح ، وعند تطبيقها تبين الآتي :

\* لا توجد حاجة إلى عملية تنعيم أو معالجة الضوضاء لامتلاكها خاصية تحليلات متعددة الحلول (*Multi Resolution analysis*) الذي مكنها من كشف الحافة ومعالجة الضوضاء في وقت واحد.

\* تقوم دالة الموجة في اختزال معلومات التردد العالي للصورة التي تعمل على تحديد الحافة إما دالة التعبير فأنها تقوم بعملية إزالة الضوضاء الموجود على الصورة

\* يتم تحديد المعلومات المطلوبة للترددات الواطنة للصورة وكلما كان القياس كبير يكون أكثر فعالية لإزالة الضوضاء الموجود على الصورة والزيادة في عرض الحافة.

\* كلما كان عدد معاملات المرشح أكثر فأنه يساعد على إلغاء الضوضاء مع تقليل في عرض الحافة والعكس صحيح.

## المقدمة

الحافة خيط رفيع يمرر بين المناطق الغير مشتركة في الصورة أو المجالات اللونية الغير متجانسة والتي تظهر فجأة. ان اكتشاف الحافات له أهمية عالية في مجال معالجة الصور إذ تستخدم في عملية تمييز الأنماط (*Patterns recognition*) وكذلك في تقطيع الصورة (*Image segmentation*) وعند تحليل المشاهد (*Scene Analysis*)، إضافة إلى استخدامات واسعة في المجالات الطبية.

كاشف الحافة (*Detector*) من الممكن ان يكون مرشح تمرير عالي (*High Pass Filter*) يمرر على الصورة المراد اكتشاف حافاتها بصيغة لف رياضي (*Mathematical convolution*) بينها وبين المرشح وهناك عدة طرق من كواشف الحافات التي تطورت خلال الفترة السابقة.

في هذا البحث تم استخدام تحويلات الموجة (المعتمدة بشكل واسع في كبس الإشارة ومعالجة البيانات بمراحل متقدمة في مجال الوسائط المتعددة *Multimedia*) في عملية كشف الحافات. [2] .

## بعض الطرق المستخدمة في اكتشاف الحافات

هناك عدة طرق لاكتشاف الحافات ومن أهم هذه الكواشف ما يلي:

أ. كاشف روبرت (*Robert Edge Detector*)

المعاملات الأساسية لكاشف روبرت تكون على شكل مصفوفة ثنائية او ثلاثية، وكما هو واضح في الشكل (1) :

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad t = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



شكل (1) المعاملات الأساسية وشكل النموذج لكاشف روبرت

حيث إن:

(s) يمثل القناع (*mask*) الذي يمرر أفقياً

(t) يمثل القناع الذي يمرر عمودياً

المعادلة (1) تبين القيمة المطلقة وزاوية توجيه الحافة للانحدار .

$$G = \sqrt{s^2 + t^2} \dots\dots\dots(1)$$

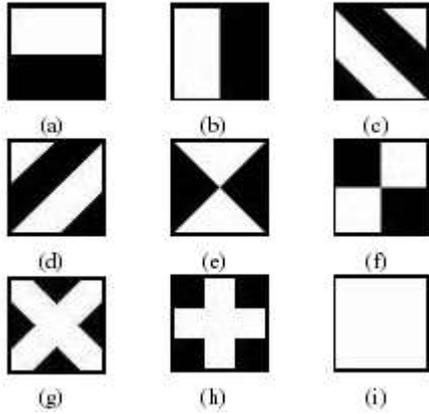
$$\theta = \arctan \frac{t}{s}$$

الحافات بهذا الكاشف تمتلك حافة دقيقة جداً لها حساسية عالية عند الضوضاء لكونه من الكواشف الغير خطية، ويفضل استخدام هذا الكاشف في الصورة ذات الحافات التي يكون فيها معامل الانحدار (*slope*) - هو نسبة بين مقداري فرق معلومات الصورة على المحور الصادي وفرق المعلومات على المحور السيني والمعادلة رقم (1) تمثل معامل الانحدار - لا يتجاوز (0.25) [3],[5] .

ب. كاشف سوبل (*Sobel Edge Detector*)

يعتمد هذا الكاشف على قياس الميل المكاني لحافة ألصوره حيث تظهر مناطق التردد العالي التي تقابل الحافات بصورة واضحة ، فهو يستخدم لإيجاد الميل المطلق المكاني لكل نقطة على المستوى الرمادي للصورة إما المعاملات الأساسية لهذا الكاشف هي :

أما الشكل (3) يقدم توضيحا لأشكال تلك المرشحات



شكل (3) يمثل مرشح فراري - جن

يتم امرار كل مرشح من المرشحات أعلاه ( $V_i$ ) على صورة معينة (bi) ومن ثم ملاحظة النماذج لأشكال الحافات المطبقة على الصورة الفرعية كل في مكانه داخل الصورة الأصلية، بعدها يتم اعتماد نموذج الكاشف الأكثر مطابق ومنه يتم الحصول على نماذج مختلفة (لنفس الكاشف) من كواشف الصورة، وكما مبينا في الشكل (3). [10].

هـ . كاشف كاني (*canny Edge Detector*):

هذا الكاشف يخطو باتجاه الحل الرياضي ويعتبر اكثر مثالية من الأنواع السابقة لكونه يعتمد أسلوب البحث عن التقاء المنحني مع المحور السيني (*Zero Crossing Points*) ويمتاز هذا الكاشف في معالجة الضوضاء ذات اللون الأبيض. يحسب مرشح كاني من حساب المشتقة الثانية للمعادلة عند التقاء المنحني مع المحور السيني . في عملية الكشف للحافة حيث يمثل إن الاشتقاق الأول للدالة اتجاه الميل، اما المعادلة (2) تمثل الاشتقاق الثاني فهي النهاية العظمى للدالة [4].

$$L_u = u^T H_u \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان:

( $L$ ) هو معامل لابلاس

( $H$ ) نقطة الالتقاء الصفري

أما خوارزمية كاني فيمكن أدراجها كالآتي

1. يتم تطبيق الخطوات من (2) إلى أخطوه (6) على قيم تصاعدياً للانحراف المعياري ( $\sigma$ ) .

2. إجراء لف رياضي للصورة مع كاوس لقياس ( $\sigma$ )

$$g(m,n) = G_\sigma(m,n) * f(m,n)$$

where

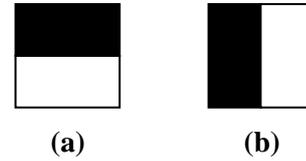
$$G_m = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \exp\left[-\frac{m^2 + n^2}{2\sigma^2}\right]$$

3 يتم تخمين الحافة الطبيعية حسب المعادلة (3) لكل نقطة ضوئية (pixel)

$$n = \frac{\nabla(G(m,n) * g(m,n))}{|\nabla(G(m,n) * g(m,n))|} \dots \dots \dots (3)$$

$$S = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad t = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

إما شكل الكاشف يمكن ملاحظته بالشكل رقم (2)



شكل (2) كاشف سوويل

وهذا المرشح له مساندة أطول من كاشف روبرت ولذلك يكون لديه اختلاف في الاتجاه وعرض في الحافة وتكون حساسيته عند الضوضاء قليلة او تكاد تكون معدومة، لهذا السبب يتم كشف الحافة من خلال تكرار العمليات عدة مرات . [5],[3].

ج. كاشف برويت (*Brewitt Edge Detector*)

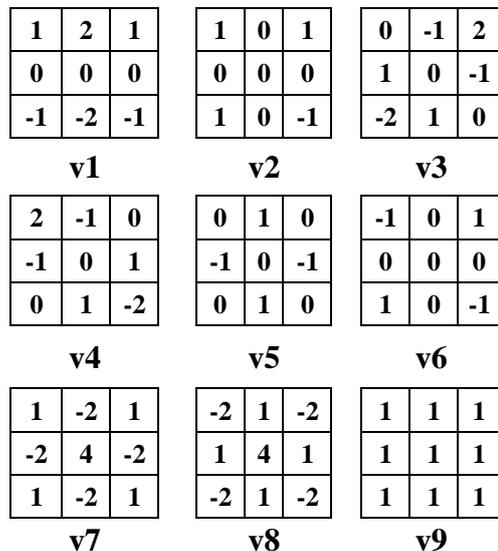
معاملات هذا الكاشف هي:

$$S = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad t = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

وهذا الكاشف له نموذج مشابه إلى كاشف روبرت كما في الشكل رقم(2)واكثرأ تشابها له ألا انه يختلف عنه عند إيجاد موقع الحافة. تتم عملية الكشف من خلال تمرير متكرر بين الصور والمرشح والتي تؤدي إلى الحصول على حافات بشكل افضل حيث تحذف بعض الضوضاء ذات اللون الأبيض في الصورة. [5],[3].

د. كاشف فراري \_ جن (*Fri-chen Edge Detector*)

للكاشف مجموعة معاملات ( $V_i$ ) حيث يكون عدد المرشحات الفرعية مساوية لعدد مقاطع الصورة ( $b_i$ )، وفيما يلي معاملات الكاشف



4. جد مواقع الحافات في الصورة حسب المعادلة (4)

$$\frac{\partial}{\partial n} G(m, n) * g(m * n) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

أي حساب قيم نقاط التقاطع مع المحور السيني الـ ( *find the zero crossings* )

5. يتم حساب مقدار الحافة حسب المعادلة رقم (5)

$$|G_n(m, n) * g(m, n)| = |\nabla(G(m, n) * g(m, n))| \dots \dots \dots (5)$$

6. اعتماد مقدار للعتبة في الصورة مع ( *hysteresis* ) لتلافي الاستجابات الزائفة.

7. يتم جمع المعلومات النهائية حول الحواف لمقياس متعديّ باعتماد *'feature synthesis' approach* ثم يتم انتخاب أفضل مقياس [1]. [9]

3- تحويلات الموجة ( *Wavelet Transform* )

تعرف الموجة بانها موجة صغيرة تكون ذا فترة محددة وقيمة المعدل لها صفر ، يعكس دالة الجيب التي تمتد بين  $(-\infty, +\infty)$  ، وتوصف دالة الموجة بأنها غير منتظمة ( *Irregular* ) وغير متناظرة ( *Asymmetric* ) من أهم الأسس الرئيسية التي وضعت وراء تحويلات الموجة هي تحليل الإشارة الى عدة قياسات معتمدة والتي تسمى الحلول المتعددة الوضوحية ( *Multi resolution analysis* ) ، والموجة هي صنف من الدوال التي تستخدم لإيجاد الإشارات في مجالي القياس والفضاء ( *space and scale* ) فالدالة الرئيسية :

$$\psi_{a,b}(x) = |a|^{-1/2} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \dots \dots \dots (6)$$

حيث إن:

(  $\psi$  ) : هي الموجة والرمز

( *a* ) : هو معامل التوسيع

( *b* ) : يمثل معامل النقل

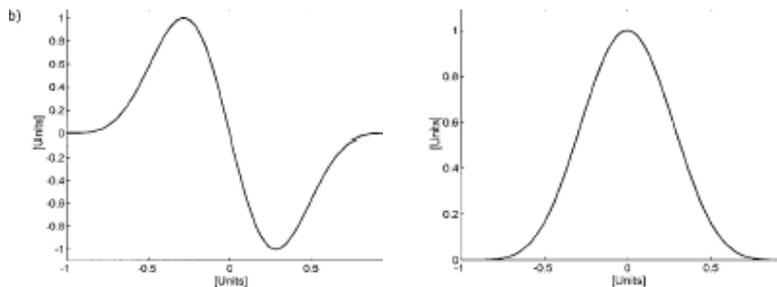
ومن الدالة الرئيسية يمكن أن تشتق دالة التتعيم التي يرمز لها (  $\theta(x)$  ) وحسب القانون التالي:

$$\psi(x) = \frac{d}{dx} \theta(x) \dots \dots \dots (7)$$

يمكن إن نشق إشارة التتعيم لنفس القياس من المعادلة رقم (8) :

$$w_{2^j} f(x) = 2^j \frac{d}{dx} (\theta_{2^j} * f(x)) \dots \dots \dots (8)$$

أما الشكل (4) يبين دالة الموجة ودالة التتعيم على التوالي بشكل مبسط:



دالة الموجة

دالة التتعيم

شكل (4) دالتى التتعيم والموجه

حيث إن (  $w_{2^j}$  ) مقياس دالة التتعيم التي تقوم بتتعيم الإشارة (  $f(x)$  ) عند المدى (  $2^j$  ) لدالة ذات بعد واحد ، ويمكن تجزئة الموجة ذات البعدين (  $2D$  ) الى جزئين رئيسيين الأول هو (  $\psi^1$  ) الذي يشتق دالة التتعيم على المحور السيني (  $x$  ) والاخر (  $\psi^2$  ) الذي يمثل دالة التتعيم على المحور الصادي (  $y$  ) ولذلك يمكن ان تعرف الدالة على كل محور بما يلي: [2]

$$\psi^1(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial (x)} \dots \dots \dots (9)$$

$$\psi^2(x, y) = \frac{\partial \theta(x, y)}{\partial (y)} \dots \dots \dots (10)$$

وهذه الخاصية التي أعطت للموجة خاصية تعدد الحلول والذي منها يمكن الحصول على الموجة بكلا المحورين وكما يلي:

$$\psi^1 2^i = \frac{1}{2^i} \psi^1\left(\frac{x}{2^i}, \frac{y}{2^i}\right) \dots \dots \dots (11)$$

$$\psi^2 2^j = \frac{1}{2^j} \psi^1\left(\frac{x}{2^j}, \frac{y}{2^j}\right) \dots \dots \dots (12)$$

ومن المعادلات أعلاه يمكن حساب دالة القياس ودالة الموجة لمعاملات الموجة على طول الأسطر والأعمدة في الصورة عليه يمكن ان تعرف تحويلات الموجة ب :

$$\psi^1(x, y) = \psi(x) \xi(y) \dots \dots \dots (13)$$

وكذلك

$$\psi^2(x, y) = \xi(x) \psi(y) \dots \dots \dots (14)$$

حيث ان (  $\xi(x)$  ) ، (  $\xi(y)$  ) هي دالة تتعيم ذات بعد واحد والتي يمكن ان يعبر عنها بالدالتين (15) و (16) :

$$\theta^1(x, y) = \theta(x) \xi(y) \dots \dots \dots (15)$$

$$\theta^2(x, y) = \xi(x) \theta(y) \dots \dots \dots (16)$$

الدوال أعلاه يمكن أن تشتق دالة الموجة ودالة التتعيم والتي اكتشفها العالم مورلت و كما يلي:

$$\psi(w) = \left(\frac{\sin(w/2)}{w/2}\right) \dots \dots \dots (17)$$

$$\theta(w) = i \left(\frac{w}{2}\right) \left(\frac{\sin(w/2)}{w/2}\right) \dots \dots \dots (18)$$

$W_s^b$  : مقياس مشتقة دالة التتعيم للإشارة ( $f$ ) الذي يمثل الحدود العليا للحافة. [1][7],[8]

### الخوارزمية المقترحة لهذه الطريقة :

يمكن تطبيق خوارزمية تحويلات الموجة على الصورة وكما يلي:

- 1 - تعريف الصورة المراد تحديد حافتها ولتكن ( $img$ ) ثم يتم إدخال ( $S$ ) الذي يمثل مقدار تتعيم الصورة للتخلص من الضوضاء .
- 2 - إدخال قيم مرشحي مورلت والتي تمثل الحدود العليا للحافة والحدود السفلى والمشتقة من المعادلتين 19,20, اللذان يمثلان الحدود الدنيا والعليا للحافة .

- 3- إجراء لف رياضي بين الصورة ( $img$ ) ومرشح الحدود العليا ( $HPF$ ) بصورة أفقية للحصول على الصورة ( $H$ )، ثم يمرر بصورة عمودية على الصورة ( $H$ ) للحصول على الصورة ذات الحدود العليا فقط ( $HH$ ).
- 4- مرر دالة التتعيم التي تمثل مرشح التميرير الواطي ( $LPF$ ) على الصورة الناتجة من الخطوة (3) للحصول على حافات الصورة المطلوبة .

ولحساب الحافة من المعادلات أعلاه لصورة معينة يجب حساب الحدود العليا والحدود السفلى لتلك الحافة يمكن ان تكون قيمة الحدود العليا بالرمز ( $f^a(x)$ ) وقيمة الحدود السفلى للحافة ( $f^b(x)$ ) ومن هنا لا يمكن التحري مباشرة لحساب قيم الدالتين أعلاه ، وإنما يتم حسابها من خلال الدالة ( $w_s^a f(x)$ ) للحدود العليا والدالة ( $w_s^b f(x)$ ) للحدود الدنيا للحافة والتي تشتق كما يلي:

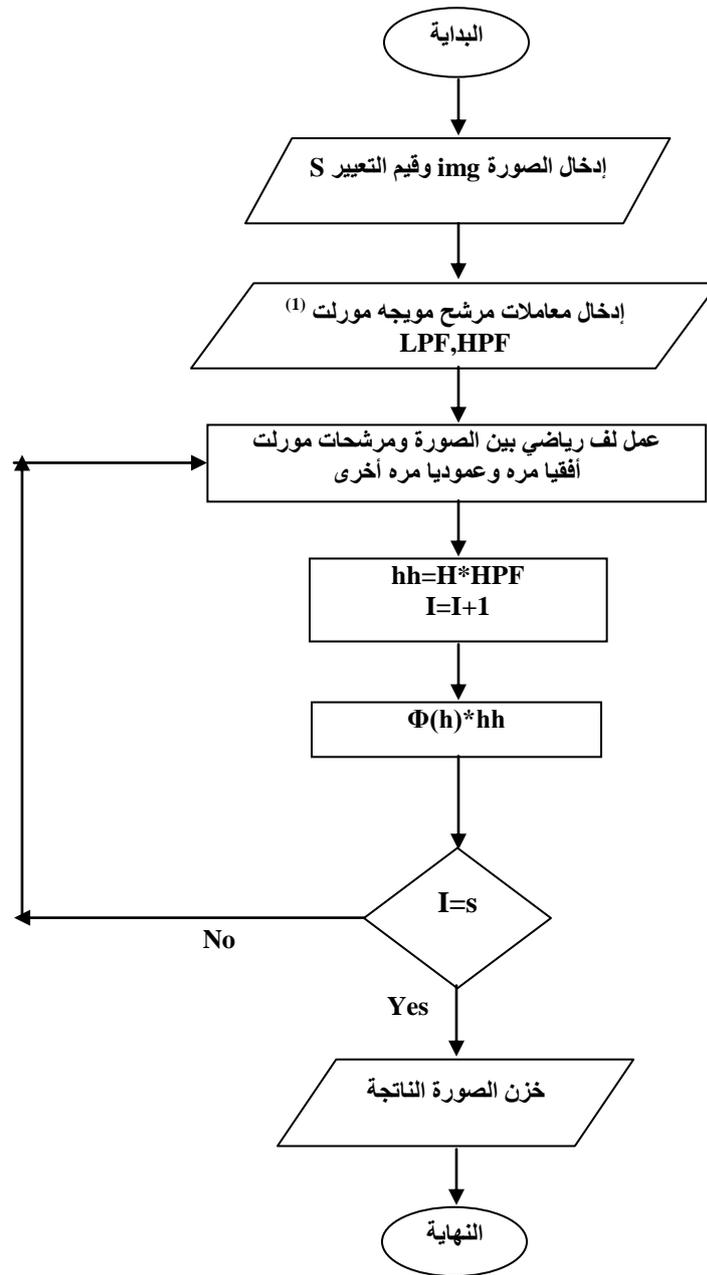
$$w_s^a f(x) = f * (s \frac{d\theta_s}{dx})(x) = s \frac{d}{dx}(f * \theta_s^1)(x) \dots\dots(19)$$

$$w_s^b f(x) = f * (s^2 \frac{d^2\theta}{dx^2})(x) = s^2 \frac{d^2}{dx^2}(f * \theta_s) \dots\dots\dots(20)$$

حيث إن :

$S$  : تمثل مقدار القياس المطلوب الذي يتم فيه تتعيم الموجة للإشارة ( $f$ ) في ذلك القياس

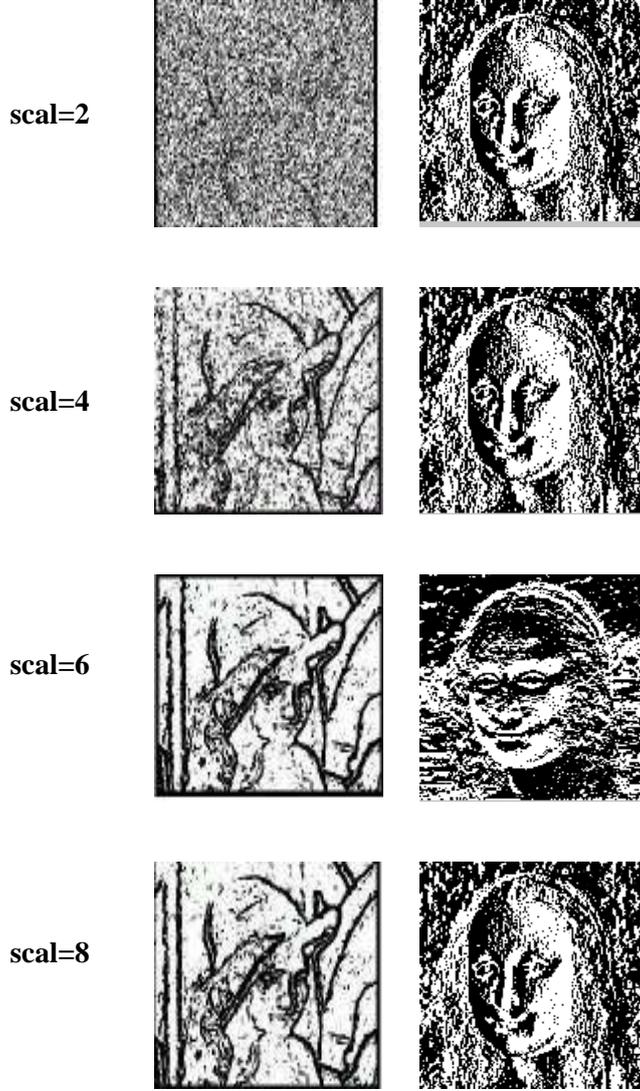
$W_s^a$  : مقياس مشتقة دالة التتعيم للإشارة ( $f$ ) الذي يمثل الحدود الدنيا للحافة.



شكل (5) المخطط الانسيابي الذي يمثل خوارزمية كشف الحافات باستخدام التحويل الموجي

على أصوره حيث يتم ملاحظة الفرق بشكل واضح عند المقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها باعتماد (scal=2 and 4) وهكذا يظهر الفرق لبقية القياسات الأخرى حيث يظهر شكل أصوره أفضل عندما يكون القياس (scal=6) كما مبين بالشكل رقم (6)

عند تطبيق هذه الخوارزمية على صورتنا (لينا والموناليزا) لإيجاد الحدود العليا للحافة يظهر تأثير مويجه مورلت الموضح اشتقاقها بالخطوة (3) عند إمرارها على الصور المذكورة، أما عند تطبيق مفاهيم المويجه على الصور المذكورة يتم ملاحظة انه كلما ازدادت قيمة القياس (scal) ترافقها تقليص في عرض الحافة (Edge Width) مع تقليل بنسبة الضوضاء الموجود



الشكل (6) الحافات لصوره الموناليزا وصوره ليزا بعد اجراء التحويل العكسي عليها بعدة قياسات

#### الاستنتاجات:

وقد تم تجاوز هذا العامل (SNR factor) ضمن اهتمامات موضوع البحث ، عند تطبيق خوارزمية اكتشاف الحافات باستخدام تحويلات المويجه (والتي تستخدم في معالجة الإشارة) تبيين الأتي :

- لا تحتاج طريقة كشف الحافات باستخدام تحويلات المويجه إلى عملية تنعيم او معالجة الضوضاء لاملاكها خاصية تحليلات متعددة الحلول (Multi Resolution analysis) الذي مكنها من كشف الحافة ومعالجة الضوضاء في وقت واحد.
- تقوم دالة المويجه في اختزال معلومات التردد العالي للصوره التي تعمل على تحديد الحافة اما دالة التعبير فإنها تقوم بعملية إزالة الضوضاء الموجود على الصورة

إن جميع كواشف الحافات المستخدمة تحتاج إلى مرشحات أخرى لتنعيم الصورة والتخلص من الضوضاء غير المرغوب فيها التي تم إضافتها إلى الصورة عند إجراء عملية كشف الحافات مما يقلل من درجة وضوحها وبالإمكان قياس ذلك التأثير من قانون نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR: Signals to Noise Ratio) الذي موضح بالمعادلة رقم (21):

$$SNR = \frac{\|u\|^2}{\|n\|^2} = \frac{\int \int u^2(x, y) dx dy}{\int \int n^2(x, y) dx dy} \dots \dots \dots (21)$$

حيث إن :

(n) يمثل الضوضاء .

(u) يمثل الصورة بدون ضوضاء .

- كلما كان عدد معاملات المرشح أكثر فإنه يساعد على إلغاء الضوضاء مع تقليل في عرض الحافة والعكس صحيح.
- نستنتج إن عرض الحافة تتناسب عكسيا مع قياس أصوره وعدد معاملات المرشح.

- يتم تحديد المعلومات المطلوبة للترددات للواطنة للصورة وكلما كان القياس كبيرا يكون أكثر فاعلية لإزالة الضوضاء في الصورة وتقليل الزيادة الموجودة في عرض الحافة.

## References

1. J. Daugman, 2000 "Wavelet demodulation codes, statistical independence, and pattern recognition" In: Institute of mathematics and its applications Cambridge: Harwood 244-260.
2. Jung, U., and Lu, J.-C. (2004), "Wavelet-based Random-e\_ect Model for Multiple Sets of Complicated Functional Data," Technical Report, The School of Industrial and Systems ,Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA. See <http://www.isye.gatech.edu/>.
3. K. R. Castleman, 1996, "Digital Image Processing," Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
4. L. Yang ,Y. Y. Tang, , J. Liu, 2000, "Characterization of Dirac-Structure Edges with Wavelet Transform," *IEEE Trans. Sys. Man Cybernetics-Part B: Cybernetics*, vol.30, no.1, pp. 93-109.
5. R.C. Gonzalez, R. E. Woods, 1993, "Digital image Processing," Publishing .
6. R. J. Beattie, 1984, "Edge Detection for Semantically Based Early Visual Processing, "dissertation, Univ. Edinburgh, Edinburgh, U.K..
7. S. Mallat, D. Coomans and O. de Vel. ,2000,"Application of Adaptive Wavelets in Classification and Regression." (Ed. B. Walczak). Wavelets in Chemistry. Series Data handling in Science and Technology ,Volume 22. Elsevier , pp437-456.
8. S. Mallat, 1998, "A Wavelet Tour of Signal Processing," New York: Academia.
9. Ruye Wang 2004,"canny edge detection" Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh ,UK.
10. Ziou D. 2001 "The Influence of Edge Direction on the Estimation of Edge Contrast and Orientation" c. PR(34) No. 4, April 2001,pp855-863.

## Edge Detection in Gray Images using Wavelet Transform

<sup>1</sup> Khalil I. Alsaif & <sup>2</sup> Ibrahim A. Saleh

<sup>1</sup> Dept. of Computer Science, College of Computer Science and Mathematics, University of Mosul, Mosul, Iraq

<sup>2</sup> Dept. of Software Engineering , College of Computer Science and Mathematics, University of Mosul, Mosul, Iraq

### Abstract

In this research, wavelets (which was commonly used for image compression with signal and data processing at advanced levels in multimedia) was a doubted for edge detection by applying using the Mallet wavelet an algorithm on different images such as Monaliza and Lena .we used number of scales and applied in MATLAB ,we found when the large numbers of coefficients that lead to narrow edge and small noise and vase visa , the following notes were mentioned:

- No need for smoothing operation or pre operations for noise, because it has roperty of Multi Resolution analysis, which give it the ability to detect the edges and treat the noise at the same time.
- The wavelet function reduces the high frequencies information of the image, which works on edge detection, while the scale function will absorbes the noise from the image.
- The low frequencies information of the image assigned, and high scale has more effect for noise removing and the edge's width.
- Also for more filter parameters a high effect is noticed on noise cancellation in adding to making the edges narrows and vise versa.