استخدام الحاسبات الالكترونية في تحليل الصور الشعاعية

The Analysis of Computerized Tomographic Images

رزكار نابي جياووك
منظمة الطاقة الذرية

1 . الخلاصة :

في هذا البحث سنقدم طريقة جديدة لتحديد الأعضاء الداخلية لجسم الانسان أوتوماتيكياً في الصور الشعاعية الطبقية والمأخوذة بواسطة جهاز التصوير الشعاعي الطبقي (CT-SCANNER). وكذلك مقارنة هذه الطريقة مع طرائق اخرى معروفة.

2 . المقدمة

اعلن مركز **EMI** للبحوث المختبرية عن جهاز التصوير الشعاعي الطبقي لأول مرة عام **1972** . وهو جهاز يعمل بالأشعة السينية **(X-Ray)** لعب الجهاز دوراً كبيراً في المجالات الطبية حيث يعطي التشخيص الدقيق للامراض التي تصيب أعضاء الجسم المختلفة وانسجته فيعود بالفائدة على الاطباء والمرضى والمؤسسات الصحية .

كانت مشاريع البحوث التي اجراها مركز EMI للبحوث المختبرية ما بين 1960 و 1970 هي عمليات فحص للمقاطع الدماغية وبعض التحاليل الاخرى، إلا انه بعد استكمال البحوث الخاصة في هذا المجال اصبح للجهاز المذكور امكانيات كبيرة في فحص الاجزاء الاخرى المعقدة وبكل دقة.

ان جهاز التصوير الشعاعي الطبقي (Emi-Body Scanner) يعطينا صورة واضحة ودقيقة للاعضاء المراد تصويرها شعاعياً في مدة لا تتجاوز 20 ثانية بحيث لا يتحرك المريض خلالها. ويعمل هذا الجهاز الكترونيا وميكانيكياً في آن واحد.

والفائدة التي يمكن ان نحصل عليها من هذا الجهاز لا تقتصر على الفحص العام بل فائدته في هذا الميدان تكون أقل بكثير فيما لو قورنت بأهميته عند القيام بدراسات علمية شعاعية دقيقة للاعصاب، حيث يعطينا نتائج في غاية الدقة وللكثير من الحالات المرضية التي تعجز الطرائق الاعتيادية في تقديم التشخيص الدقيق لها. لهذا السبب اثبت الجهاز كفاءته وامكاناته في مجال التشخيص الطبي.

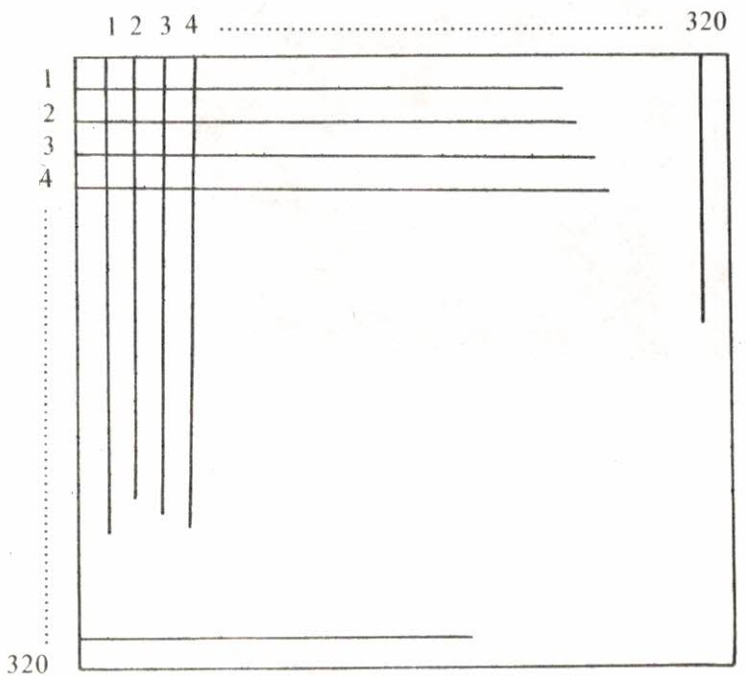
وفي هذا البحث سنورد بعض التطبيقات للصور الشعاعية التي نحصل عليها من جهاز الـ (Ct-Scanner) وذلك بتحليلها ومحاولة استخراج حدود لاعضاء جسم الانسان الداخلية، ومما سيتم ذكره هو استخدام بعض الطرائق المعروفة لتحديد الاعضاء ضمن الصورة وتقديم طريقة جديدة افضل من الطرائق الاخرى.

3 . تحديد الاعضاء في الصور الشعاعية الطبقية :

(Segmentation Operations)

قبل ان نبدأ بمعالجة الصور الشعاعية بواسطة الحاسبات الالكترونية يجب علينا ان نعلم مكونات هذه الصورة .

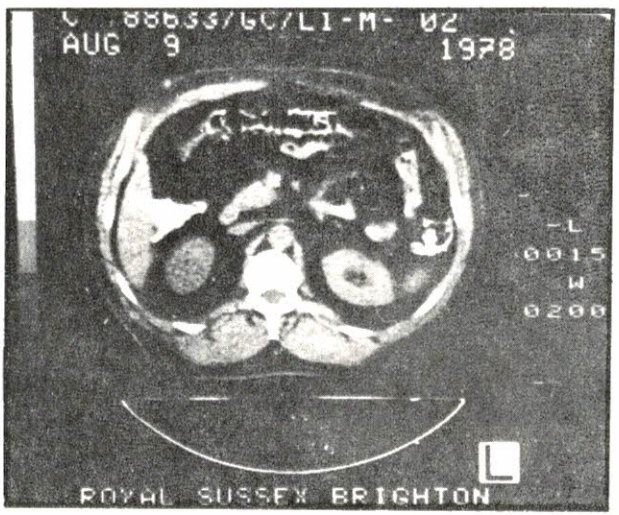
ان الصورة التي نحصل عليها من جهاز التصوير الشعاعي الطبقي هي صورة لمقطع عرضي للجسم تظهر على شاشة تلفزيونية ومخزونة في الحاسبة الالكترونية المربوطة مع الجهاز ـ على شكل مصفوفة (Matrix) ذات حجم 320 × 320 نقطة (Pixel) كما في الشكل (1) :



شكل (1)

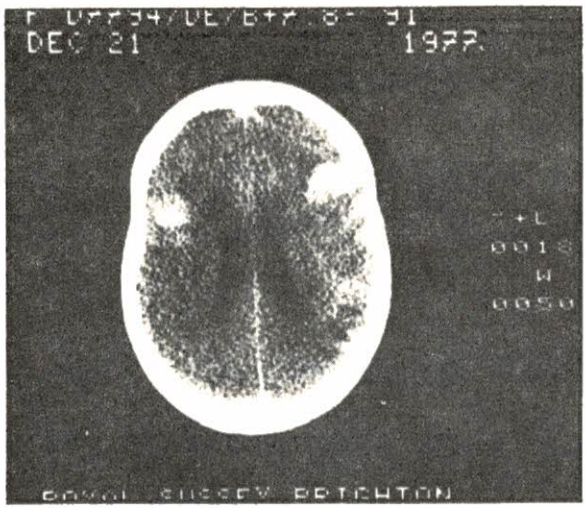
وكل نقطة في المصفوفة أعلاه تحتوي على عدد يمثل العضو أو النسيج في النقطة التي تم تصويرها. وان هذا العدد تتراوح قيمته بين- 500 و+500. حيث اقل قيمة هي الهواء واكبر قيمة هي العظام. والماء يأخذ قيمة صفر في هذا المقياس.

ادناه نموذجين للصور التي نحصل عليها بواسطة جهاز التصوير الشعاعي الطبقي (Emi-Body Scanner)، شكل (2) و (3).



شكل (2): مقطع عرضي لمنطقة البطن

ان مشكلة تحديد الاعضاء الظاهرة في الصور الشعاعية أوتوماتيكياً هي من احدى المشاكل القائمة ولحد الآن.. وذلك بسبب اختلاف اماكن الاعضاء الداخلية لجسم الانسان من شخص لآخر. لذلك فان الطرائق المتوفرة حالياً هي طرائق شبه أوتوماتيكية أي انه يتم تحديد بداية أو مكان العضو المراد تحديده يدوياً وبعدها يتم ايجاد الحدود كاملة بواسطة احدى الطرائق المعروفة.



شكل (3) : مقطع عرضي لمنطقة الرأس

ومن أهم الحدود Boundaries بالنسبة للمعالجة بالاشعاع (Radiotherapy Treatment) هي :

- تحديد جسم الانسان الخارجي (Body outline)
- تحديد العضو المصاب (Vital organ outline)
- هيكل العظام في تلك المنطقة (Bone structure)
- تحديد حجم الاصابة (Target Volume outline)

وكلا من هذه التحديدات بالامكان التعبير عنها وكأنها التحول من مادة ذات خواص معينة الى مادة أخرى مختلفة ، مثلا تحديد جسم الانسان الخارجي هو عبارة عن التحول من الهواء الى انسجة الجسم .

من هذا نجد بأن التحديدات اعلاه يمكن ان تتحول الى مفهوم آخر بالامكان معالجتها بواسطة الحاسبات الالكترونية (أي بالامكان تحويلها الى

ارقام واعداد):

- **التحول من الهواء الى الانسجة Air-Tissue Interface :**

فالهواء يأخذ قيمة عددية - 500 بينما النسيج يأخذ قيمة تتراوح في حدود + 30 ومن هنا نرى التحول من - 500 الى + 30 تمثل التحول من الهواء الى الانسجة.

- **التحول من الانسجة الى العظام Tissue-Bone Interface :**

ان القيمة التي يأخذها العظم في جسم الانسان تتراوح بين + 100 و + 500. حيث انها تعتمد على نوعية العظام، حيث توجد عظام رخوة وعظام صلبة. لذا فالتحول من + 30 الى + 100 يمثل التحول من الانسجة الى العظام.

- **التحول من انسجة الى انسجة أخرى Tissue-Tissue Interface :**

القيم التي تأخذها الانسجة تتراوح بين + 20 و+ 30، لذا فانه من الصعوبة التفرقة بين نسيج وآخر. ولكن يختلف الوضع عندما يكون العضو النسيجي محاط بطبقة دهنية، حيث الطبقة الدهنية تأخذ قيمة - 30، لذا فان التحول من - 30 الى + 20 يمثل التحول من عضو نسيجي الى عضو نسيجي آخر، ولحسن الحظ فان معظم الاعضاء الداخلية لجسم الانسان تكون عادة محاطة بطبقة دهنية أو محاطة بمادة سائلة.

وبصورة عامة، فان هذه التحولات (Interfaces) تكون واضحة في الصورة الشعاعية والتي تظهر اما على الشاشة التلفزيونية أو عند تصويرها بواسطة الكاميرا.

4 . طرائق تحديد الاجسام :

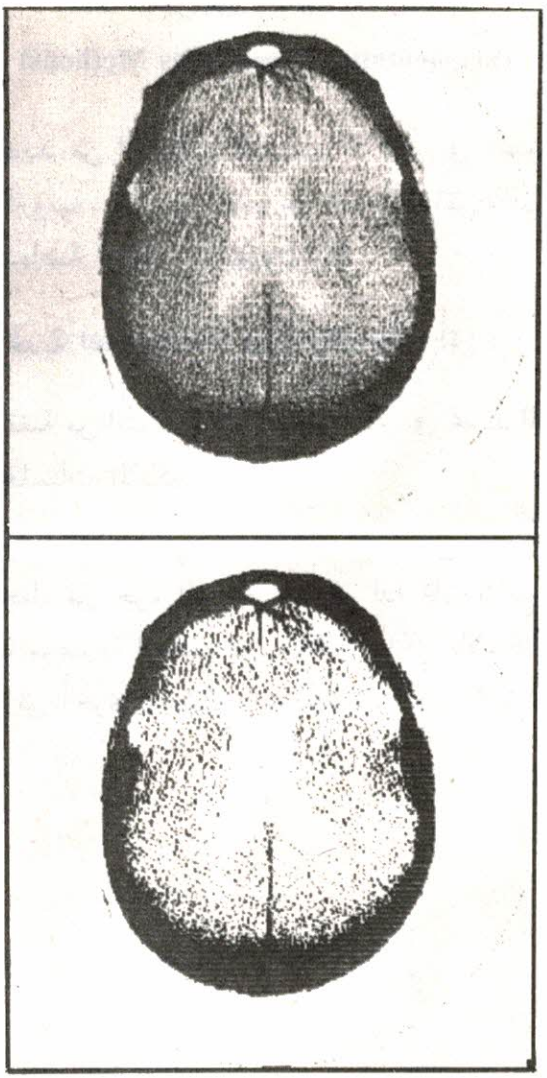
: (Segmentation Operations Methods)

هناك العديد من الطرائق لتحديد الاجسام في الصور المخزونة على الحاسبات الالكترونية . وفيما يلي بعض من هذه الطرائق والتي تمت تجربتها في مجال الصور الشعاعية الطبقية (Ct-Images) .

1.4. التقنية الحدية (Thresholding Technique) (4) :

ان هذه التقنية من التقنيات الواسعة الانتشار في تحديد الاجسام في الصور المخزونة على الحاسبات الالكترونية .

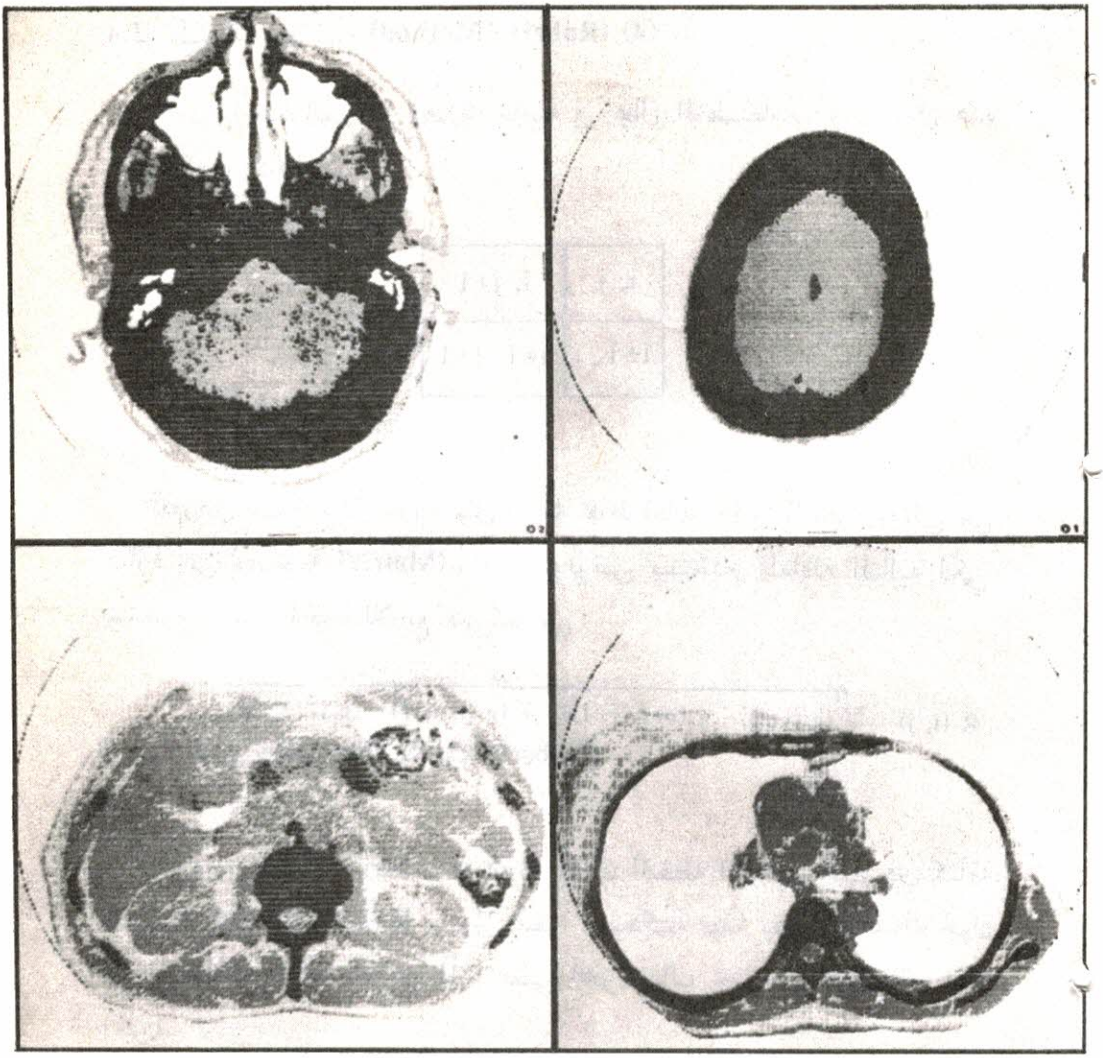
ومن عيوب هذه التقنية هي : استطاعتها ان تعطي حدوداً في الصور التي يكون فيها التحول من جزء الى آخر كبيراً . لذا فان نتائج هذه التقنية في الصور الشعاعية موضوعة البحث غير صالحة . ولكن بالامكان استخدام هذه التقنية مع طرائق أخرى وتكون ذات فائدة . شكل (4 , 5) .



(أ)

(ب)

شكل (4) مقطع عرضي لمنطقة الرأس :
أ ـ صورة اصلية
ب ـ تطبيق للتقنية الحدية .



شكل (5) : مقاطع عرضية اصلية

01 : القسم العلوي للرأس

02 : القسم السفلي للرأس

03 : منطقة الصدر

04 : منطقة البطن

2.4. طريقة روبرتس (Roberts Method) (4) :

اخذت هذه الطريقة اهمية خاصة في مجال التطبيقات. وان عمل هذه الطريقة هو كالآتي :

i, j	i, j+1
i+1, j	i+1, j+1

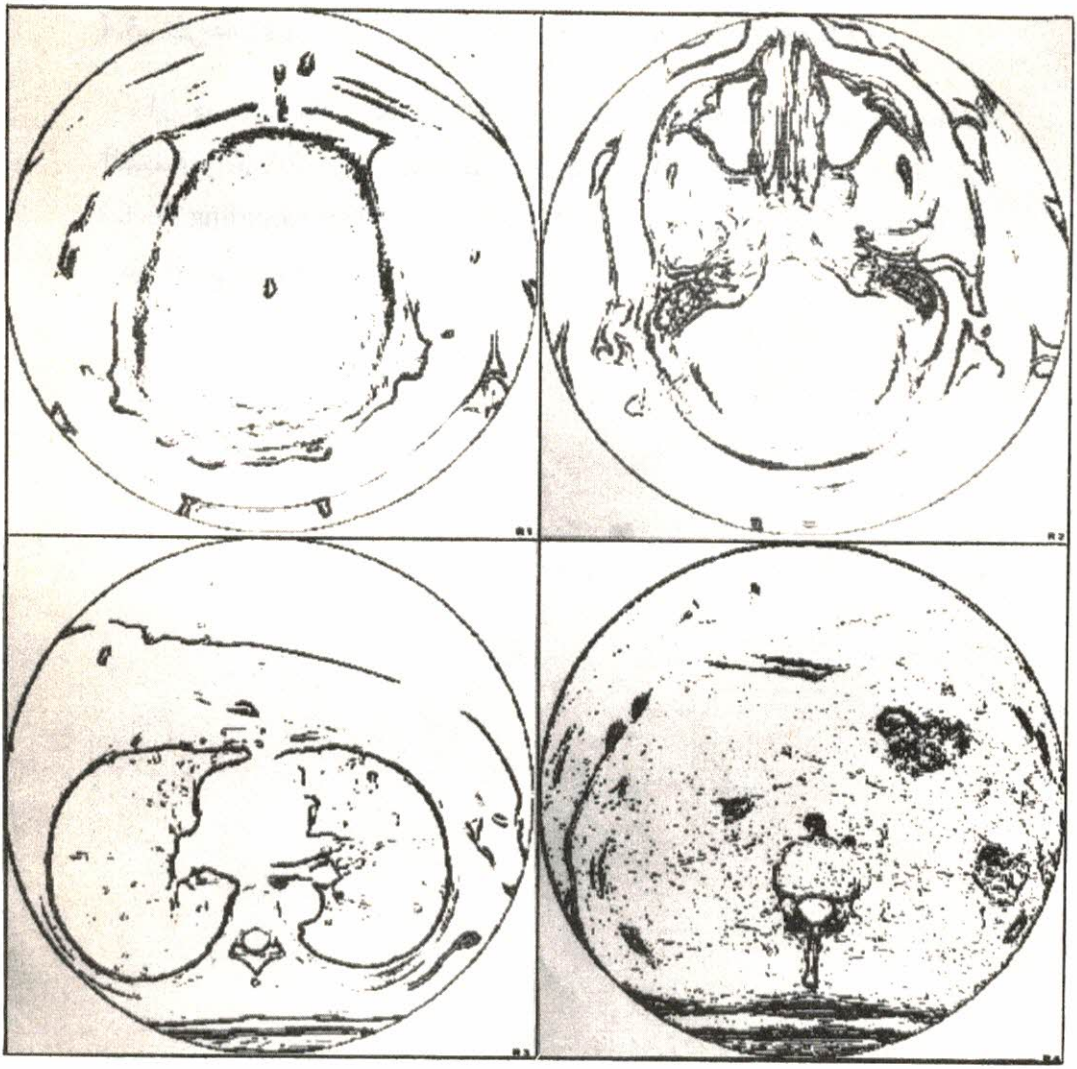
لنفرض بان الشكل اعلاه يمثل اربعة نقاط (Pixels) في الصورة (والتي هي عبارة عن مصفوفة (Matrix)، فان روبرتس يستخدم المعادلة التالية لكي يستخرج قيمة واحدة للاربع قيم كما يلي :

$$R(i, j) = \sqrt{(g(i, j) - g(i+1, j+1))^2 + (g(i, j+1) - g(i+1, j))^2},$$

R (i, j) تسمى (Roberts Cross Operator)

ونرى من المعادلة اعلاه، بانه اذا كانت النقطة (i, j) في جسم ذي كثافة منتظمة، فان قيمة R (i, j) تساوي صفراً. وبعكسه فهذا يعني بأن هناك تحول من كثافة الى كثافة اخرى (أي بمعنى آخر هناك تحول من جسم الى جسم آخر).

ومن التطبيقات لهذه الطريقة في مجال بحثنا وجدنا بأنها لا تصلح للصور الشعاعية الطبقية (Ct-Images)، حيث انها لا تظهر الحدود المطلوبة وكذلك تظهر صورة مشوّشة (Noisey Image). شكل (6).



شكل (6) : تطبيق لطريقة روبرتس

R1 : القسم العلوي للرأس

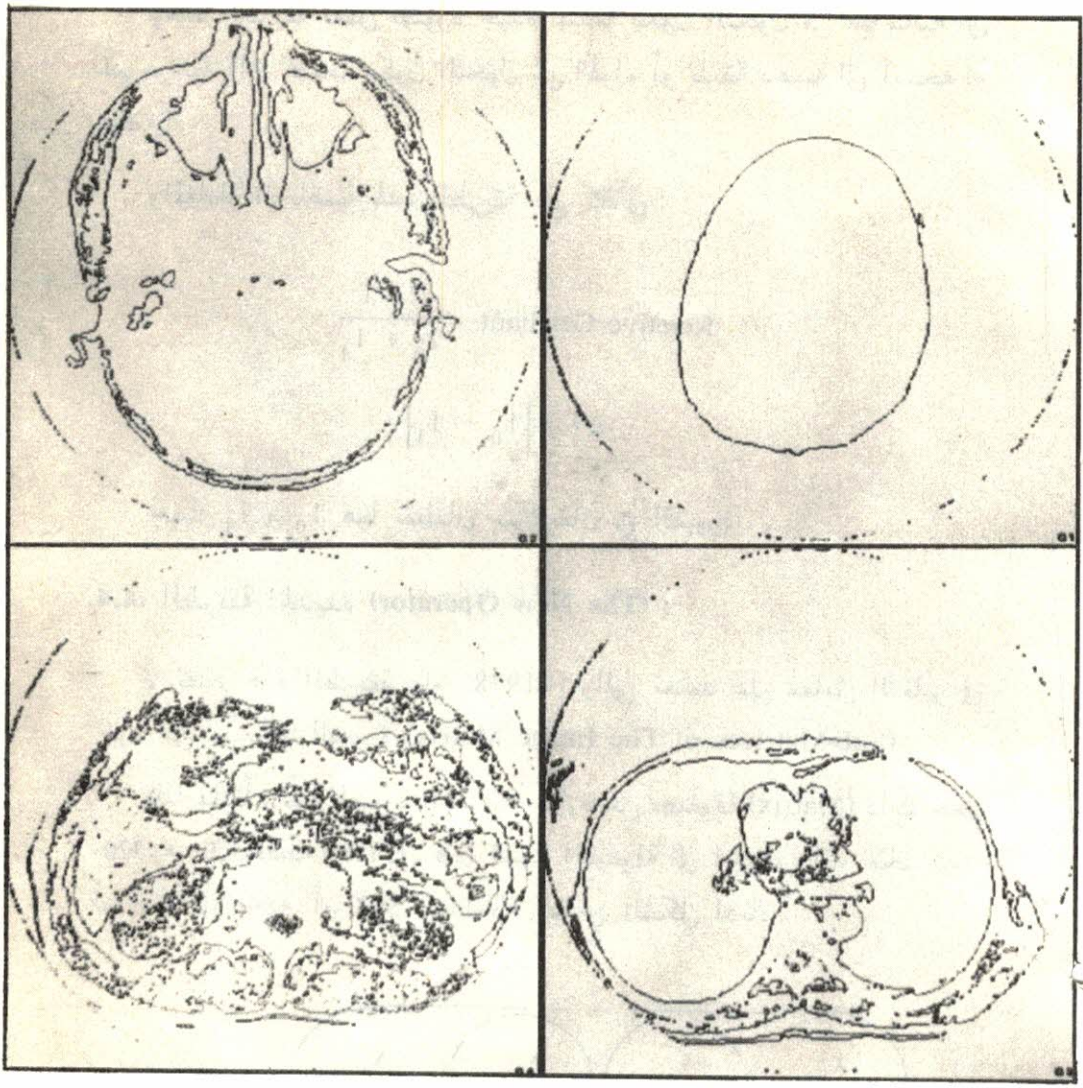
R2 : القسم السفلي للرأس

R3 : منطقة الصدر

R4 : منطقة البطن

3.4. طريقة الميل النسبي (Relative Gradiant Operator) (2) :

ان هذه الطريقة تستطيع استخراج حدود الاجسام ضمن الصورة الشعاعية الطبقية ولكن الصورة مشوّشة الى حد ما ، وعند استخدام التقنية الحدية ـ (Theresholding Tech.) معها فالاخيرة تحد من التشويش التي تصدرها طريقة الميل النسبي ، شكل (7).



شكل (7) : تطبيق لطريقة الميل النسبي

G1 : القسم العلوي للرأس

G2 : القسم السفلي للرأس

G3 : منطقة الصدر

G4 : منطقة البطن

وهذه الطريقة تعمل بصورة جيدة عندما يكون التحول من قيم سالبة الى قيم موجبة (أي عندما يكون التحول من الهواء أو طبقة دهنية الى انسجة أو عظام).

والمعادلة الرياضية لهذه الطريقة هي كالآتي :

$$\text{Relative Gradiant} = \frac{2\,\Delta\,1}{1_0 + 1_1}$$

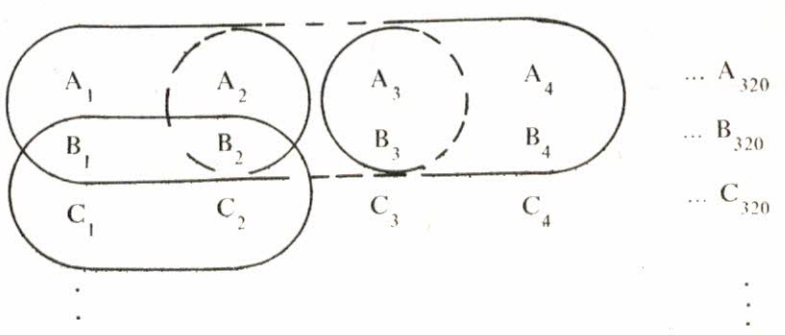
$$\Delta 1 = \left| 1_0 - 1_1 \right|$$

حيث 1_1 و 1_0 هما نقطتان متتابعتان في الصورة.

4.4. الطريقة الجديدة (The New Operator) :

تم تقديم هذه الطريقة عام 1978[1] والتي تعتمد على معامل التغاير في جزء من مصفوفة الصورة (Sub-Matrices of The Image Matrix).

قلنا سابقاً، بأن الصورة الشعاعية عبارة عن مصفوفة (Matrix) ذات حجم 320 × 320 نقطة (Pixel). فاذا قسمنا المصفوفة الى اجزاء ذات حجم 2×2 أو 3×3 أو 4×4 أو 5×5 متداخلة كما في الشكل ادناه.



فمثلا ، يتم تجزئة المصفوفة الى مصفوفات ذات 2×2 نقطة متداخلة :

$$\begin{pmatrix} A_1 & A_2 \\ B_1 & B_2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} A_2 & A_3 \\ B_2 & B_3 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} A_3 & A_4 \\ B_3 & B_4 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} B_1 & B_2 \\ C_1 & C_2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} B_2 & B_3 \\ C_2 & C_3 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} B_3 & B_4 \\ C_3 & C_4 \end{pmatrix}$$

$$\vdots$$

ومن هذه المصفوفات نحسب معامل التغاير حسب المعادلة التالية :

$$\text{Coefficient of Variation} = \frac{\sigma}{\mu}$$

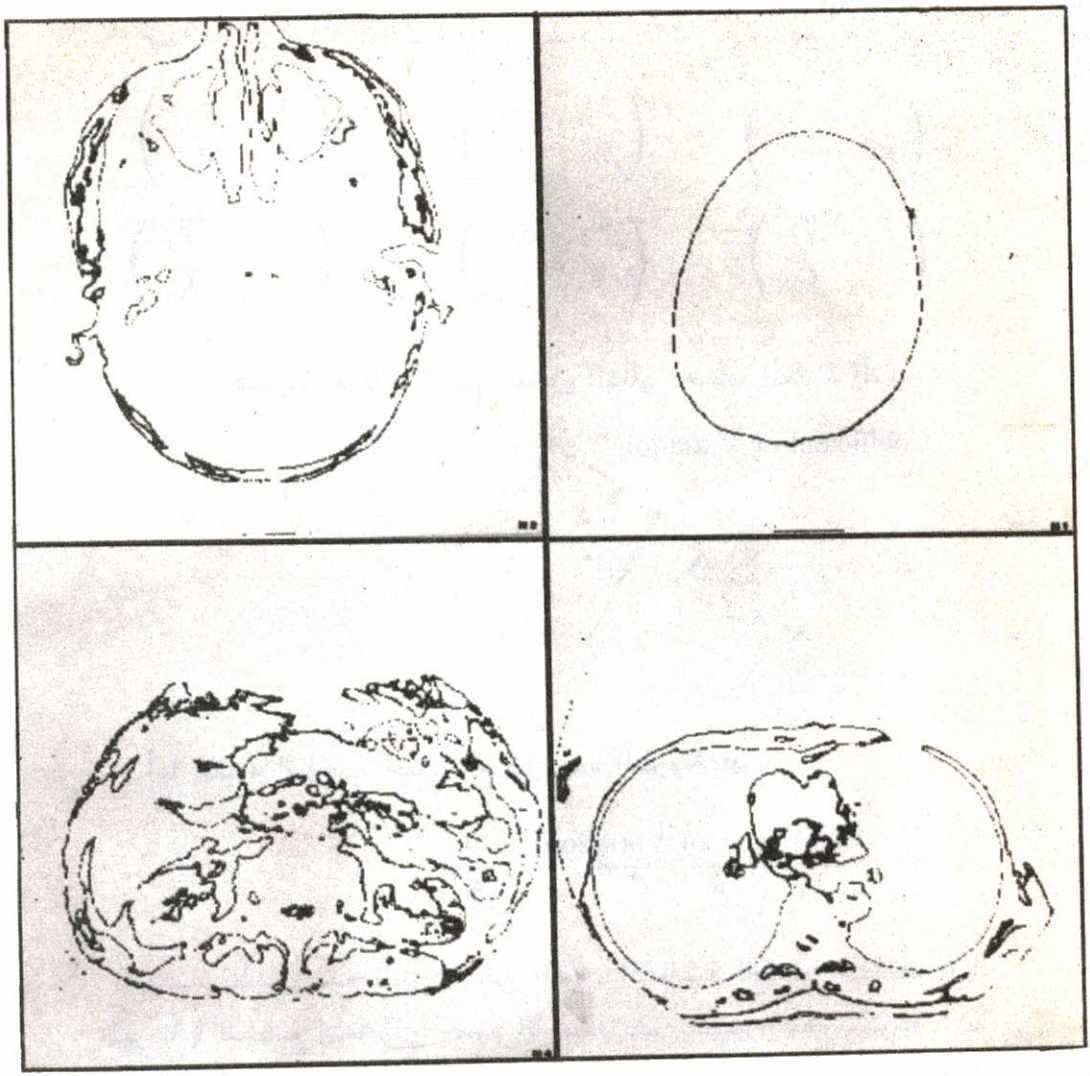
$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} (X_i - \bar{X})^2$$

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} X_i$$

أما القيمة الواجب حسابها لغرض هذه الطريقة فهي :

$$V = \frac{\text{Coefficient of Variation}}{\mu} = \frac{\sigma}{\mu^2}$$

وعند تطبيق هذه الطريقة على الصور الشعاعية الطبقية (Ct-Images) ظهر بأنها تستطيع استخراج حدود الاجسام ضمن الصورة وغير مشوّشة . كما وان هذه الطريقة لا تحتاج الى أية معلومات اولية عند تطبيقها ، وهي تعمل على كافة انواع التحولات ، أي التحول من الهواء الى الانسجة ، التحول من الانسجة الى العظام والتحول من انسجة الى انسجة اخرى ، والتحول الاخير هو الذي ذو اهمية كبيرة ، حيث لم تستطع ايا من الطرائق تحديدها . كما وتم مقارنتها بالطرائق الاخرى فأظهرت نتائج افضل . شكل (8) .



شكل (8) : تطبيق للطريقة الجديدة

N1 : القسم العلوي للرأس

N2 : القسم السفلي للرأس

N3 : منطقة الصدر

N4 : منطقة البطن

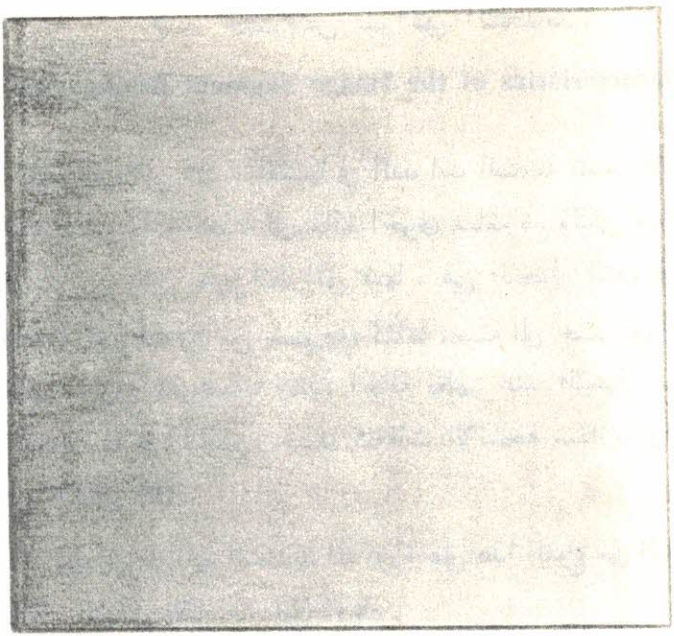
5 . خصائص طرائق التحديد :

: (Characteristics of the Image Segment Boundaries)

ان الطرائق التي تمت مناقشتها في الفقرات السابقة تقدم افضل النتائج في حالة التحول من مادة معينة الى مادة اخرى مباشرة . ولكن هناك حالة تحول يجب التأكد من عمل هذه الطرائق فيها ، هي التحول التدريجي (Gradual Transition) أي التحول من جسم ذي كثافة معينة الى جسم ذي كثافة اعلى أو اقل ولكن بصورة تدريجية ، وهذه الحالة تظهر عند التحول من انسجة الى انسجة اخرى داخل الجسم ، حيث كثافات الانسجة متقاربة والتحول يكون تدريجياً ، الشكل (9) .

لقد تم تطبيق طرائق التحديد المذكورة على هذا النوع من التحول والنتائج هي كما في الشكل (10 — 11) ادناه .

نرى بأن الطريقة الجديدة تعطي افضل النتائج ، حيث يظهر التحديد المطلوب للجسم (Boundary) بينما الطرائق الاخرى لا تظهر أية تحديد .



شكل **(9)**

شكل يبين التحول التدريجي

(a)

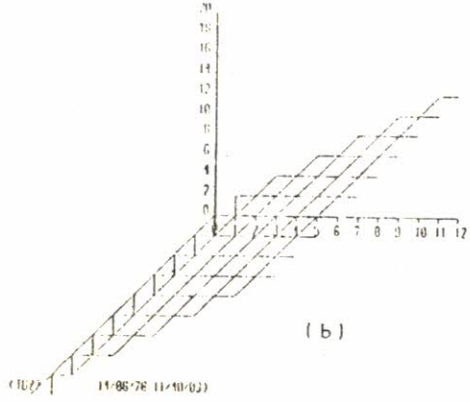
شكل (10)

a : مثال للتحول التدريجي

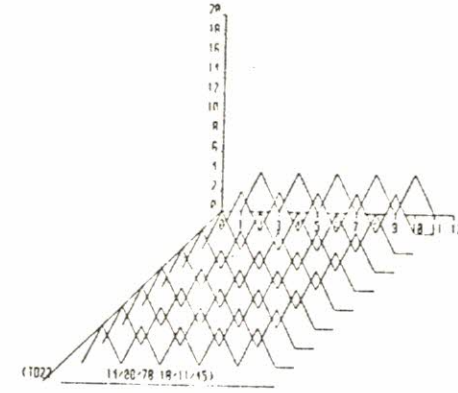
b : الشكل البياني للمثال بثلاثة ابعاد

c : تطبيق لطريقة روبرتس

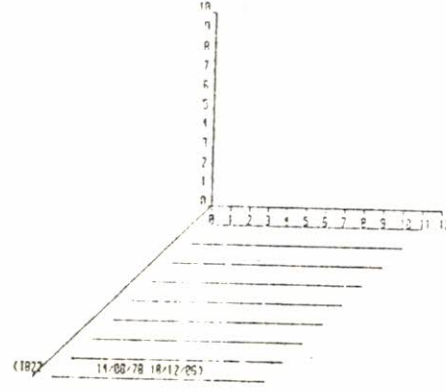
d : تطبيق لطريقة الميل النسبي



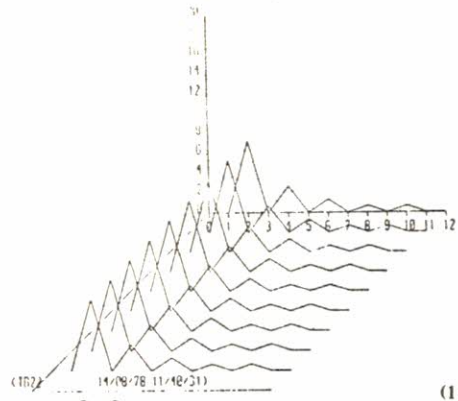
(b)



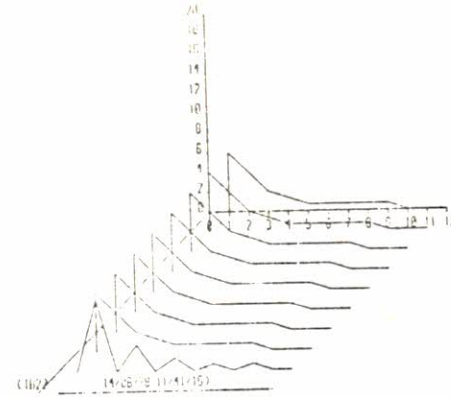
(c)



(d)



2 × 2



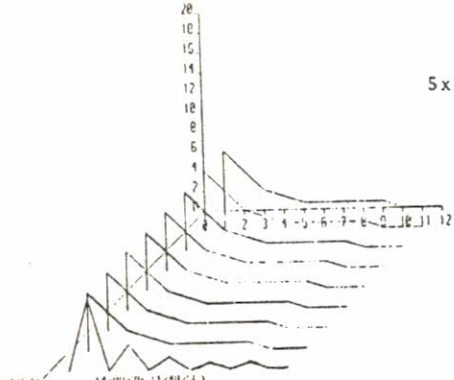
4 × 4

شكل (11)

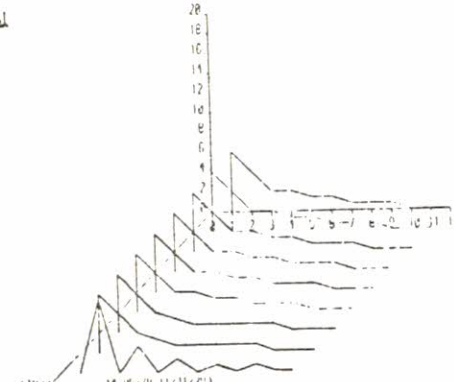
تطبيق للطريقة الجديدة باربعة حالات

لمصفوفات :

5x5, 4x4, 3x3, 2x2



3 × 3



5 × 5

6 . الاستنتاجات :

ان رؤية الاعضاء الداخلية غير الطبيعية داخل الجسم ، هي الآن من الامور المهمة في مجال التشخيص الطبي ، لذا فان البحوث في هذا المجال لها اهمية خاصة .

لقد تم في هذا البحث ايجاد طريقة جديدة لتحديد اعضاء الجسم الداخلية (والاورام) أتوماتيكياً وذلك باستخدام احصاء (معامل التغاير) على القيم المكونة للصورة الشعاعية الطبقية .

ان اهتمامنا الاساسي كان منصباً على ايجاد طريقة لتحديد الاعضاء الداخلية المتكونة من الانسجة الرقيقة المختلفة والتي لها اهمية خاصة عند الاطباء ، حيث ان معظم الطرائق المتوفرة لا تستطيع التمييز بينها .

ان الهدف الرئيسي في ايجاد هذه الطريقة هو تحديد الاعضاء الداخلية لجسم الانسان وخالٍ من التشويش وعدم الحاجة الى معلومات اولية حول شكل أو هيكل الحدود .

ان النتائج التي تم الحصول عليها من تطبيق الطرائق الاربعة ، التقنية الحدية وروبرتس والميل النسبي والطريقة الجديدة كانت جيدة جداً بالنسبة للطريقة الجديدة . حيث الطرائق الثلاث الأُوَل كانت نتائجها مشوشة من ناحية ولا تصلح لمثل هذا التطبيق من ناحية اخرى .

المصادر

1 — JIAWOOK, R. N.,
M. phil. Thesis, Sussex university, (1978)

2 — BAKER, K. D., et al.,
«Application of edge detection operation to EMI Tomographs», Sussex University, to be published, (1978).

3 — BAKER, K. D. and JIAWOOD, R. N., The 8th. International conference on recent advances in biomedical engineering, 17-21 April, (1978).

4 — GONZALEZ, R. C. and WINTZ, P.,
«Digital Image Processing», Addision-weseley pub. co., (1977).