

استخدام تقنيات معالجة الصورة في الاستخلاص الآلي للمناطق المريبة من الكبد في صور الأشعة السينية المقطعية المحوسبة

الدكتور معن عمار *

باسل السمان **

تاريخ الإيداع 24 / 1 / 2011. قُبِلَ للنشر في 5 / 6 / 2011

□ ملخص □

يهدف هذا البحث إلى تطوير طريقة تقوم بتنفيذ الكشف الآلي بمساعدة الحاسوب عن المناطق المريبة في الكبد. تتألف الطريقة من مرحلتين. يتم في المرحلة الأولى استخدام تقنية ترقيم المركبات المتصلة، وتقنيات العمليات المورفولوجية من أجل الاستخلاص الآلي لمنطقة الكبد في الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن. يتم في المرحلة الثانية استخلاص المناطق المريبة من منطقة الكبد باستخدام خوارزمية تجميع البيانات FCM. تمت الدراسة على مجموعة من الصور المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن، التي تحتوي على 11 منطقة مريبة في الكبد. وقد أعطت الطريقة المطورة نتائج واعدة، حيث تم كشف واستخلاص كل المناطق المريبة آلياً، ولكن اختلفت دقة استخلاص هذه المناطق حسب طبيعة الآفة المريبة في الكبد وموقعها.

الكلمات المفتاحية: أورام الكبد، الكشف الآلي بمساعدة الحاسوب، ترقيم المركبات المتصلة، العمليات المورفولوجية، تجميع البيانات، معالجة الصور الرقمية.

* أستاذ - قسم الهندسة الطبية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة الطبية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق - دمشق - سورية.

Using Image Processing Techniques for Automatic Extraction of Liver Suspicious Regions from X-Ray Computed Tomography Images

Dr. Maan Ammar*
Bassel Al Samman**

(Received 24 / 1 / 2011. Accepted 5 / 6 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research aims at developing a method that can perform automatic computer aided detection of suspicious regions from the liver. The proposed method consists of two phases. In the first phase, the region of the liver is automatically extracted from a CT abdominal image, using connected components labeling technique, and morphological operations. In the second phase, suspicious regions are further extracted from the extracted liver region using the Fuzzy C-Means Clustering (FCM) algorithm.

The CT images dataset used for this work comprised 11CT abdominal images contain suspicious areas in the liver regions. The proposed method gave promising results where all suspicious regions were automatically detected and extracted. The accuracy of extraction differed according to the nature and location of each lesion of those detected in the liver.

Key Words: Liver Tumors, Computer Aided Detection, Connected Component Labeling, Morphological Operations, Data Clustering, Digital Image Processing.

*Professor, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

**Postgraduate Student, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University, Damascus, Syria.

مقدمة:

يعد سرطان الكبد من السرطانات الشائعة جدًا في العالم، ويصنف على أنه ثالث أنواع السرطانات شيوعًا [1]. ونظرًا لأهمية الكبد العضوية والوظيفية في جسم الإنسان؛ فإن الكشف المبكر عن أورامه الخبيثة يزيد من احتمالات نجاح العلاج وبقاء المريض على قيد الحياة [2].

تعدّ تقنيات الكشف الآلي بمساعدة الحاسوب Computer Aided Detection باستخدام نتائج التحليل الآلي المحوسب للصور الطبية طريقةً مساعدةً في زيادة دقة تشخيص الطبيب الشعاعي Radiologist ، وفي تحقيق الكشف المبكر وتشخيص الآفات المرضية التي تظهر في الصور الطبية مثل آفات الكبد.

تُقدم هذه التقنيات رأيًا ثانيًا مساعدًا في كشف الآفات، والوصول إلى التشخيص الصحيح، مع التأكيد على حقيقة أن الطبيب هو من يقوم بإعطاء التشخيص النهائي [3].

تم تطوير العديد من الطرائق من أجل كشف المناطق المرئية من الكبد واستخلاصها. من هذه الطرائق ما يعتمد على خوارزميات تفاعلية كخوارزميات نمو المناطق التي تتطلب تحديد نقاط البذور Seeds من قبل المستخدم [4]، ومنها ما يعتمد على تحليل هيستوغرام الصورة المقطعية لمنطقة البطن لاستخلاص الكبد، ومن ثم استخلاص المناطق المرئية من الكبد [5]، وتعتمد طرائق أخرى على معالجة الصور الناتجة عن مراحل التصوير المختلفة (تبعًا لزمان حقن المادة الملونة) ومن ثم مكاملة البيانات الناتجة منها لاستخلاص المناطق المرئية [6]، ومن جهة أخرى فقد اعتمد آخرون على استخدام الشبكات العصبونية وتدريبها من أجل تنفيذ عملية الاستخلاص، بالاعتماد على العديد من الخصائص، مثل التباين في السويات الرمادية [5,7]، وأخيرًا، اعتمد بعضهم على توليد القوالب واستخدامها للمناطق المراد استخلاصها [8]. ويمكن بشكل عام تصنيف الطرائق المطورة في هذه الأبحاث والدراسات:

1. من حيث تفاعل المستخدم:

- طرائق نصف آلية (تفاعلية): تتطلب تحديد بارامترات ابتدائية من قبل المستخدم، كتحديد المناطق المرئية بشكل تقريبي من قبل المستخدم، واختيار نقاط البذور Seeds في هذه المناطق ليتم تطبيق طريقة نمو المناطق [4].
- طرائق آلية: لا يتدخل المستخدم في عمل هذه الطرائق، كاستخلاص الكبد بالاعتماد على تحليل هيستوغرام الصورة المقطعية لمنطقة البطن، ومن ثم استخلاص المناطق المرئية من الكبد [5].

2. من حيث مراحل تجزيء الصورة:

- طرائق تقوم باستخلاص منطقة الكبد من الصورة المقطعية لمنطقة البطن، يليها استخلاص المناطق المرئية من منطقة الكبد [5].
- طرائق تقوم باستخلاص المناطق المرئية من الصورة المقطعية لمنطقة البطن بشكل مباشر [9].

3. من حيث عدد الصور المستخدمة:

- طرائق تستخدم صورةً واحدةً من أجل استخلاص المناطق المرئية [5]، وبالتالي تعطي تمثيلًا ثنائي الأبعاد لهذه المناطق.

- طرائق تعتمد على سلسلة من الصور من أجل تشكيل تمثيل ثلاثي الأبعاد للمناطق المرئية [10,11].

4. من حيث تركيب الصور المستخدمة:

- طرائق تستخدم صورًا مقطعيةً تكون فيها منطقة الكبد واضحةً بكامل تفاصيلها [12].

- طرائق تستخلص المناطق المريية بغض النظر عن ظهور كامل تفاصيل منطقة الكبد في الصورة المقطعية [6,13].

أهمية البحث وأهدافه:

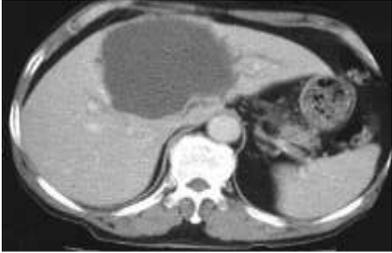
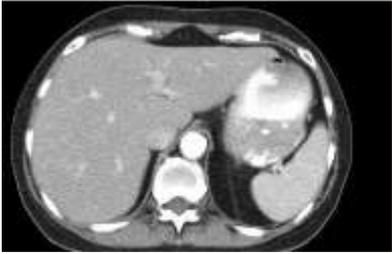
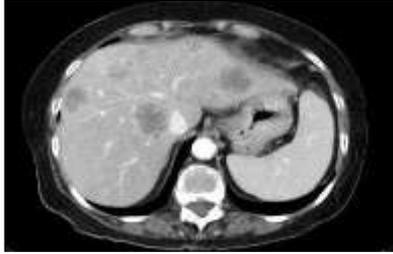
يهدف البحث إلى تطوير طريقة تقوم بالاستخلاص الآلي للمناطق المريية من منطقة الكبد في الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن، ويستخدم هذا البحث طريقة جديدة لاستخلاص منطقة الكبد من الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن آلياً بالاعتماد على خوارزمية ترقيم المركبات المتصلة CCL، كما يستخدم خوارزمية تجميع البيانات FCM في استخلاص المناطق المريية من منطقة الكبد المستخلصة.

طرائق البحث ومواده:

يستخدم البحث طريقة مطورة لاستخلاص المناطق المريية من الكبد في الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن آلياً دون تدخل المستخدم. وتُنجز عملية الاستخلاص على مرحلتين:

- المرحلة الأولى: يتم فيها استخلاص منطقة الكبد من الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن.
- المرحلة الثانية: يتم فيها استخلاص المناطق المريية من منطقة الكبد المستخلصة. وكلاهما تتمان بشكل آلي دون أي تدخل من المستخدم.

المواد المستخدمة في البحث عبارة عن مجموعة صور مقطعية محوسبة لمنطقة البطن، تحتوي على منطقة الكبد، (12 حالة) تتضمن: (1) أوراماً كبدية أولية. (2) أوراماً كبدية ثانوية انتقالية. (3) كتلاً ورمية سليمة. (4) حالة كبد سليم من أجل اختبار الطريقة المطورة على الحالات السليمة، وتُمكن الصور المستخدمة في البحث من إجراء دراسة أولية على حالات الآفات الكبدية المريية الشائعة.

	
التشخيص: كيسة في الكبد	التشخيص: كتلة ورمية خبيثة في الكبد
	
التشخيص: كبد سليم	التشخيص: كتل ورمية ثانوية في الكبد

الشكل (1) نماذج للحالات الأساسية التي تتضمنها الصور الطبية المستخدمة

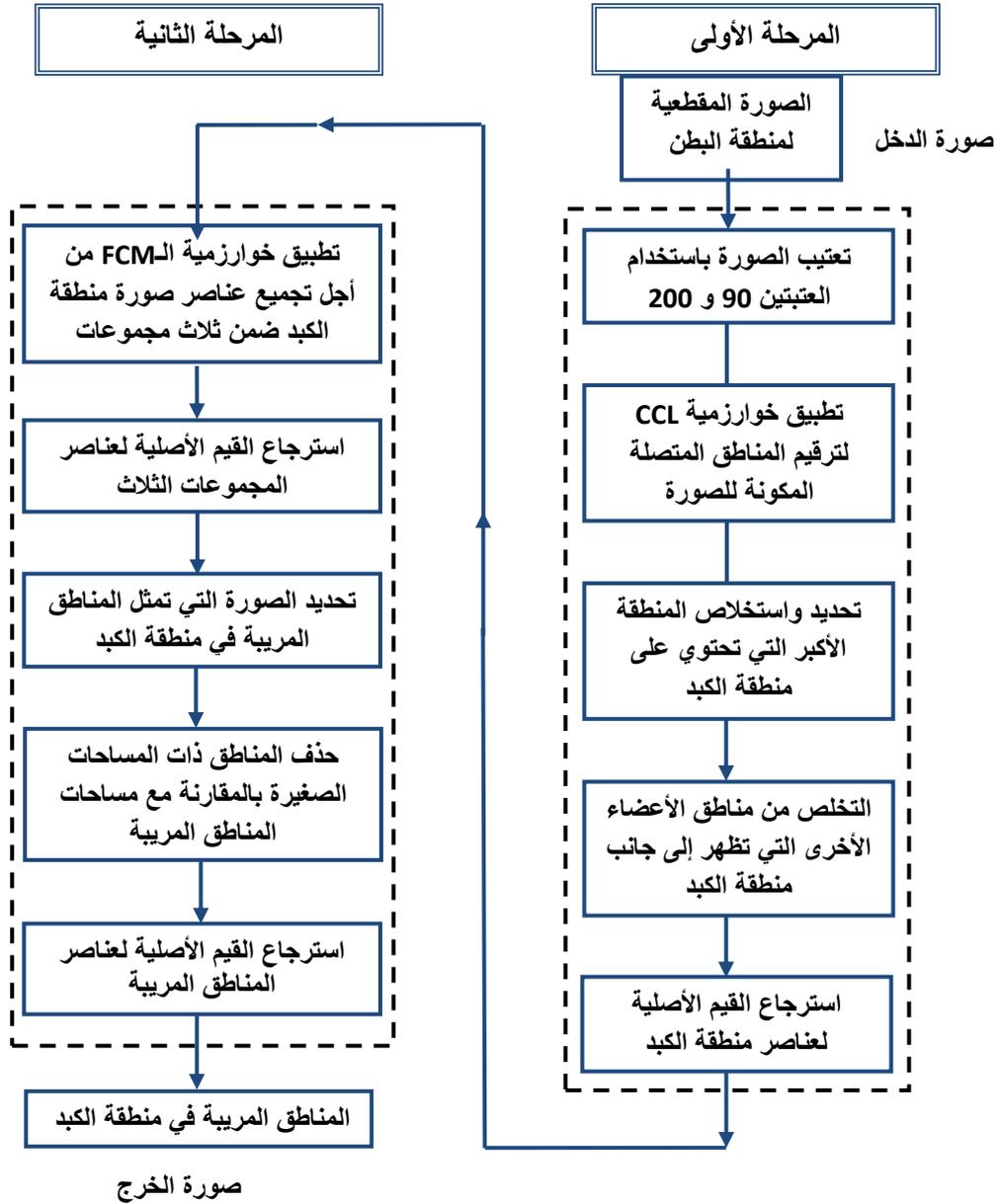
تم الحصول على الصور الطبية بالتنسيق مع أحد مراكز التصوير الشعاعي الخاصة في دمشق، حيث قدم المركز التشخيص الطبي للصور المستخدمة في هذا البحث.

الطريقة المطورة:

تتميز الطريقة المطورة بأنها:

1. تقوم على أساس التجزيء عبر مرحلتين: (1) استخلاص منطقة الكبد من الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن. (2) استخلاص المناطق المريبة من منطقة الكبد.
2. تستخدم صورة شريحة مقطعية واحدة لمنطقة البطن لتعطي تمثيلاً ثنائي الأبعاد للكامل المريبة.
3. تعتمد على تركيب معين للصور المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن تكون فيه منطقة الكبد واضحة بكامل تفاصيلها.
4. طريقة آلية في جميع المراحل، ولا تتطلب أي تدخل من المستخدم.

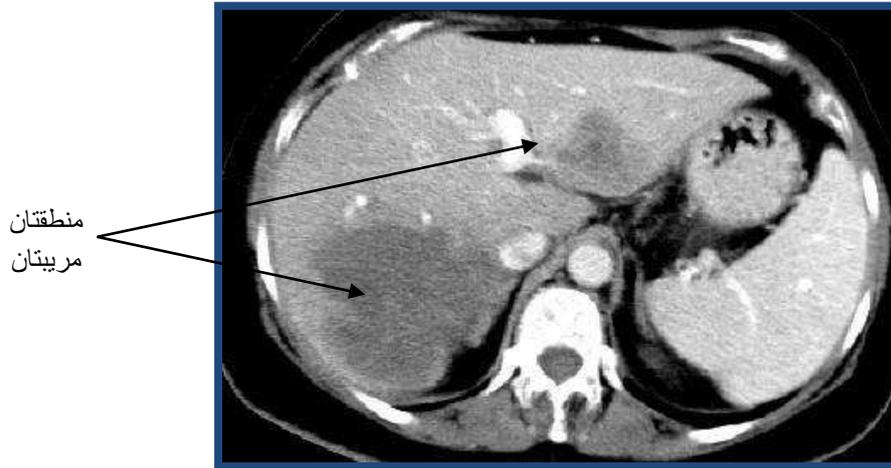
يبين المخطط الصندوقي التالي الخطوات المتبعة في هذه الطريقة المكونة من مرحلتين:



الشكل (2) مخطط صندوقي يبين خطوات الطريقة المطورة في البحث

المرحلة الأولى (استخلاص منطقة الكبد من الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن)

نشرح في هذه الفقرة خطوات المرحلة الأولى من الطريقة المطورة بالتفصيل وتطبيقها على إحدى الصور المستخدمة في البحث. يبين الشكل (2) إحدى الصور المستخدمة في البحث، وقد أشار التشخيص الطبي الخاص بها إلى وجود منطقتين مريبتين في الفصين الأيمن والأيسر، ويمكن تمييزهما بالعين المجردة بسبب الاختلاف في السويات الرمادية بين خلايا هاتين المنطقتين والخلايا الكبدية الطبيعية.



الشكل (3) صورة مقطعية محوسبة لمنطقة البطن (أحد الصور المستخدمة في البحث)

تتكون المرحلة الأولى من خمس خطوات على النحو التالي:

الخطوة الأولى: يتم في هذه الخطوة إعطاء كل عنصر صورة ينتمي إلى المجال [90-200] قيمة تساوي 0 (التي ستظهر كلون أسود)، وبالمقابل يتم إعطاء كل عنصر صورة ينتمي إلى خارج هذا المجال قيمة تساوي 1 (التي ستظهر كلون أبيض).

$$f(i,j) = \begin{cases} 0 & \text{if } 90 \leq f(i,j) \leq 200 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

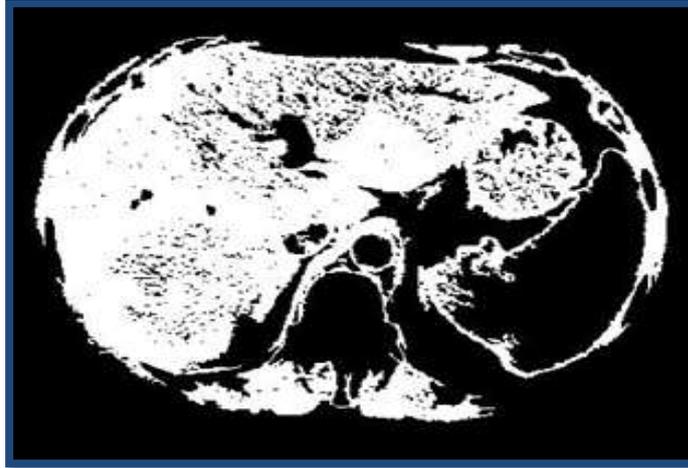
وقد اخترنا هاتين العتبتين (90 و 200) لأن تحليل التركيب الرمادي (السويات الرمادية) الذي قمنا به للصور الطبية التي استخدمناها أظهر أن معظم عناصر الصورة المشكلة لمنطقة الكبد تنتمي إلى المجال الواقع بين العتبتين (قيمتي السويتين الرماديتين) 90 و 200.



الشكل (4) الصورة الناتجة عن عملية التعتيب باستخدام القيمتين 90 و200

الخطوة الثانية: استخدمنا في هذه الخطوة خوارزمية ترقيم المركبات المتصلة CCL، لترقيم المناطق (المركبات المتصلة) في الصورة بحيث تشكل كل مجموعة عناصر متصلة ببعضها منطقة بحد ذاتها. ولأن الصورة الناتجة عن الخطوة السابقة هي صورة ثنائية فقد تم تنفيذ عملية ترقيم المركبات المتصلة على السويتين 1 و0. ونحصل بعد تطبيق خوارزمية ترقيم المركبات المتصلة CCL على مجموعة من المناطق المنفصلة عن بعضها البعض. فقد أعطى تطبيق الخوارزمية على الصورة في الشكل (4) 339 منطقة متصلة.

الخطوة الثالثة: نقوم في هذه الخطوة بالتحديد التقريبي لمنطقة الكبد، اعتماداً على الوصف التشريحي الذي يشير إلى أنها المنطقة الأكبر مساحةً في الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن وعلى المركبات المتصلة التي رقمناها في الخطوة السابقة، بما يمكننا من تحديد المركبة ذات المساحة الأكبر التي تحتوي على منطقة الكبد. تبين لنا باستعراض مساحات المناطق المتصلة في الصورة أن أكبر منطقة تبلغ مساحتها (51071 عنصراً) وقد أعطينا عناصر جميع المناطق الأخرى قيمة الصفر، وبقيت عناصر المنطقة الأكبر المبيّنة في الشكل (5). نلاحظ أن هذه الصورة تحتوي على منطقة الكبد، إلى جانب العديد من أجزاء الأعضاء الأخرى، والسبب في ذلك أن قيم السويات الرمادية لهذه الأجزاء قريبة إلى قيم السويات الرمادية لعناصر منطقة الكبد.



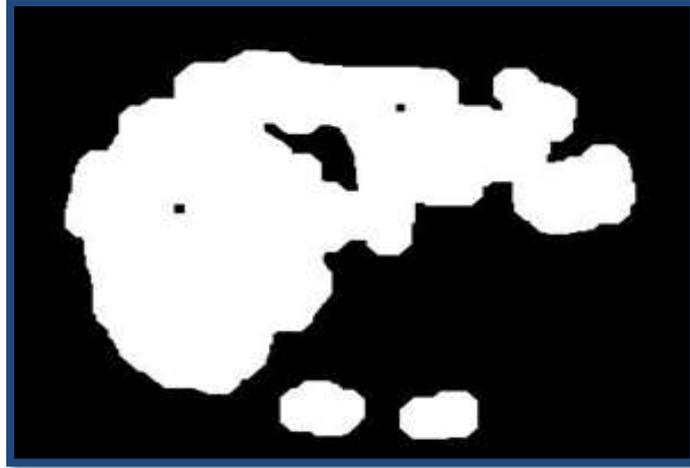
الشكل (5) عناصر المنطقة الأكبر في الصورة

الخطوة الرابعة: تطبق في هذه الخطوة سلسلة من العمليات المورفولوجية Morphological Operations وبالتحديد عمليتي Opening والClosing للحصول على منطقة الكبد، والتخلص من أجزاء الأعضاء الأخرى. تقوم عملية Opening بتتعيم حدود الجسم وقطع الحواجز الصغيرة بين الأجزاء المتصلة وكذلك تقوم بحذف النتوءات البسيطة ذات السماكات الصغيرة [14]. بينما تميل بالمقابل عملية Closing إلى تتعيم حدود الجسم، ولكنها تقوم بشكل معاكس للعملية الأولى بدمج التقطعات الضيقة، والتخلص من الثقوب الصغيرة، وملء الفراغات الواقعة في حدود الجسم. ويجب اختيار عنصر التشكيل المناسب الذي يتم استخدامه في العمليتين [14]. يتم في البداية تنفيذ عملية Closing من أجل ملء الفراغات الصغيرة في جسم منطقة الكبد، باستخدام عنصر تشكيل دائري الشكل disk قطره يساوي 3 عناصر.

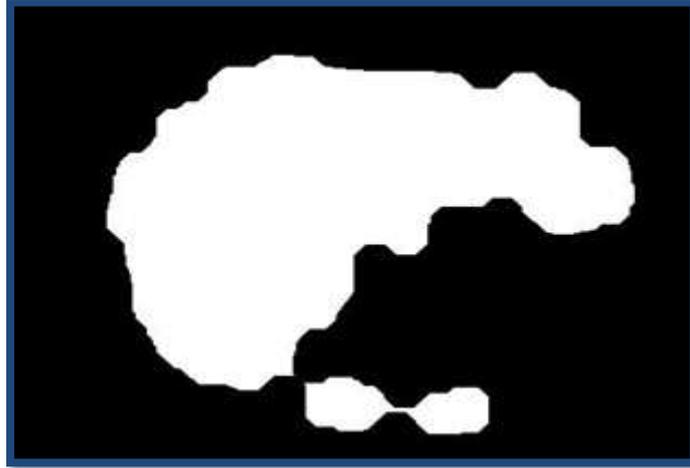


الشكل (6) الصورة الناتجة عن تطبيق عملية الـ Closing لملء الفراغات الصغيرة في الكبد

يلي ملء الفراغات الصغيرة في منطقة الكبد تنفيذ عمليتي Opening وClosing متتاليتين من أجل فصل مناطق الأعضاء المختلفة عن بعضها ، وذلك باستخدام عنصر تشكيل دائري الشكل disk قطره يساوي 13 عنصراً.

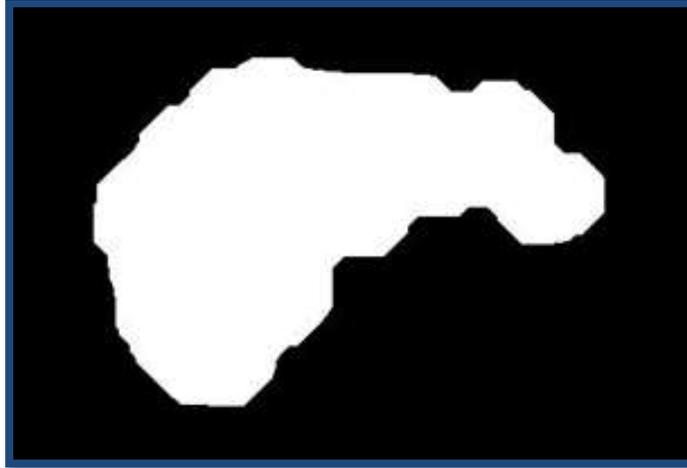


الشكل (7) الصورة الناتجة عن تطبيق عملية الOpening لفصل مناطق الأعضاء عن بعضها



الشكل (8) الصورة الناتجة عن تطبيق عملية الClosing على الصورة الناتجة في الشكل (7)

نلاحظ تشكل أكثر من منطقة (منطقة الكبد بالإضافة إلى منطقة إضافية) وللتخلص من المناطق الإضافية نقوم بتنفيذ عملية Opening، ولكن هذه المرة باستخدام عنصر تشكيل ذي قطر يساوي 25 عنصراً (وهي قيمة تقديرية لمساحات المناطق غير المرغوبة التي يمكن أن تظهر إلى جانب منطقة الكبد):



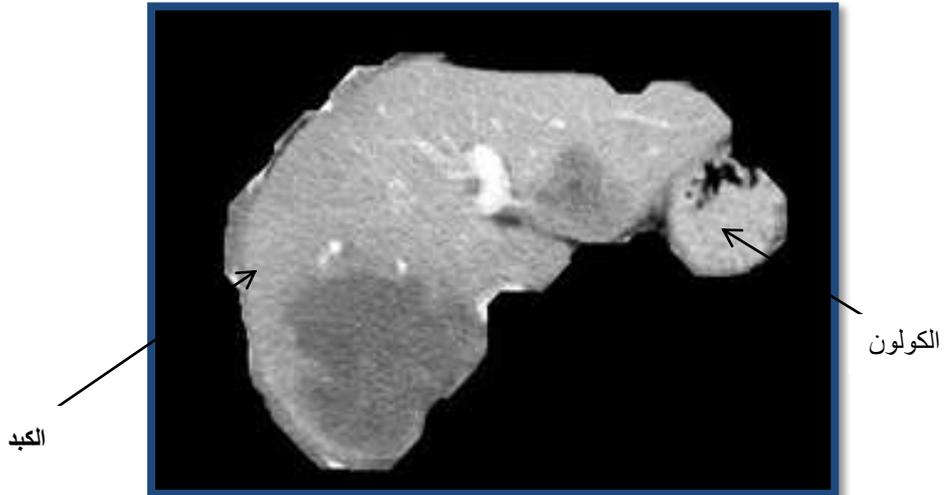
الشكل (9) الصورة الناتجة عن تنفيذ عملية **Opening** للتخلص من المناطق غير المرغوبة

الخطوة الخامسة: نسترجع القيم الأصلية لعناصر منطقة الكبد المستخلصة من الصورة الأصلية وفقاً للمعادلة (2):

$$f^*(i,j) = \begin{cases} f_o(i,j) & \text{if } f_B(i,j) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

حيث:

$f^*(i,j)$: صورة منطقة الكبد المستخلصة $f_o(i,j)$: الصورة الأصلية $f_B(i,j)$: الصورة في الشكل (9)



الشكل (10) منطقة الكبد المستخلصة من الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن

يُلاحظ في الشكل (10) وجود جزء من منطقة الكولون، وذلك بسبب أن قيم السويات الرمادية لعناصر هذه المنطقة قريبة لقيم السويات الرمادية لعناصر منطقة الكبد. وتُزال هذه المنطقة من خلال المعالجات اللاحقة.

المرحلة الثانية (استخلاص المناطق المريبة من منطقة الكبد)

تتضمن صورة منطقة الكبد المستخلصة من الصورة الأصلية لمنطقة البطن المناطق المريبة التي يجب استخلاصها. وتعد هذه العملية عمليةً صعبةً، نظرًا لطبيعة هذه المناطق المريبة من حيث الشكل والتعداد والتوزيع. لذلك من الضروري إيجاد خوارزميات مرنة قادرة على التعامل مع هذا التنوع في الحالات المرضية المختلفة. وبالنظر إلى مجموعة عناصر الصورة على أنها مجموعة من البيانات التي تشترك فيها كل مجموعة من العناصر مع بعضها بخصائص معينة (مثل قيم السويات الرمادية)، يمكن استخدام خوارزميات تجميع البيانات من أجل تجميع عناصر الصورة ضمن مجموعات، بحيث تتشابه عناصر المجموعة الواحدة مع بعضها وتختلف مع عناصر المجموعات الأخرى.

تعد خوارزمية الـ FCM أحد أهم خوارزميات تجميع البيانات التي تُستخدم في مجال معالجة الصور الطبية [5]. ولا تعتمد على قيم عتبات ثابتة للسويات الرمادية، بل يتم التعامل مع كل حالة على حدة، مما يعطي نتائج جيدة، على الرغم من وجود تباين في قيم السويات الرمادية للصور الطبية ناتج عن العديد من العوامل، مثل بارامترات عملية التصوير والمواصفات الجسمية للمريض. ولتطبيق خوارزمية الـ FCM على صورة منطقة الكبد استخدامنا التابع fcm من أدوات مكتبة معالجة الصورة في [15] MATLAB:

$$U, \text{obj_fcn}] = \text{fcm}(\text{data}, \text{cluster_n}, \text{options}), [\text{center} \quad (3)$$

حيث:

- **data**: مجموعة (مصفوفة) البيانات المراد تقسيمها ضمن مجموعات، بحيث يشكل كل سطر من سطور هذه المصفوفة نقطة بيانات (في حالتنا عنصر من عناصر الصورة).
- **cluster_n**: عدد المجموعات (قيمه أكبر من الواحد).
- **center**: مصفوفة مراكز المجموعات النهائية بحيث أن كل سطر يمثل احداثيات مركز مجموعة منها.
- **U**: مصفوفة التوزيع العشوائية (الضبابية) الناتجة.
- **obj_fcn**: مصفوفة قيم التابع خلال تكرار تنفيذ الخوارزمية.
- **options**: مصفوفة الخيارات التي يتم من خلالها التحكم ببارامترات التابع وهي على النحو التالي:
 - الخيار الأول: درجة العشوائية Fuzziness Degree. القيمة الافتراضية: 2.
 - الخيار الثاني: عدد التكررات الأعظمي للخطوات المسموح به. القيمة الافتراضية: 100.
 - الخيار الثالث: القيمة الأصغرية للتحسن بنتيجة التابع المسموح بها من أجل استمرار تكرار تنفيذ خطوات التابع، وذلك طبعًا ضمن حدود عدد التكررات الأعظمي. القيمة الافتراضية: 0.00001.
 - الخيار الرابع: عرض قيم التحسن وتابع التكلفة خلال عملية التنفيذ. القيمة الافتراضية: 1.

تتألف المرحلة الثانية من خمس خطوات على النحو التالي:

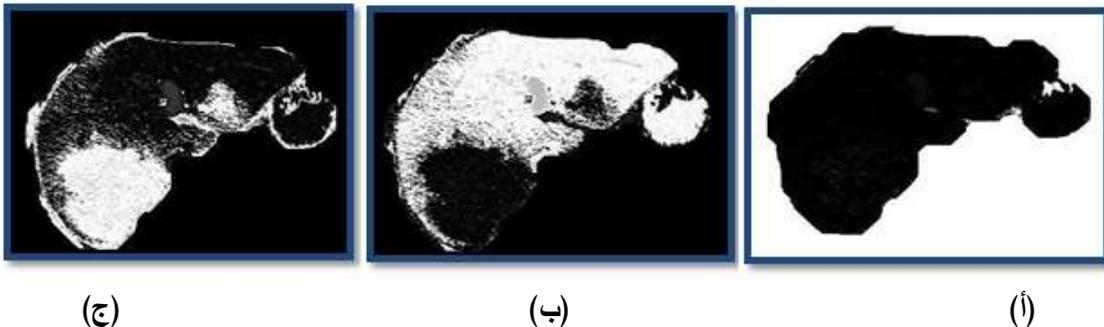
الخطوة الأولى: نقوم في هذه الخطوة بتطبيق تابع الـ fcm على صورة منطقة الكبد المستخلصة باستخدام مصفوفة الخيارات الافتراضية وتحديد عدد المجموعات بـ 3 مجموعات، بحيث تضم إحدى هذه المجموعات الثلاث عناصر الصورة التي تقع في خلفية الصورة، بينما تضم مجموعة ثانية عناصر الصورة في المناطق المريبة وبالتالي تضم المجموعة الأخيرة عناصر الصورة في المناطق الطبيعية. يبين الجدول (1) نتائج تنفيذ التابع fcm على صورة منطقة الكبد المستخلصة في الشكل (10):

الجدول (1) قيم تابع التكلفة وقيم التحسن خلال تكرارات التابع fcm

Improvement Value (ϵ) قيمة التحسن	Cost Function(obj_fcn) قيمة تابع التكلفة	Iteration Count رقم التكرار
	14324.457117	1
3229.071981	11095.385136	2
0.6441111	11094.741025	3
10.295876	11084.445149	4
162.037631	10922.407518	5
2011.242441	8911.165077	6
5982.094403	2929.070674	7
1314.588586	1614.482088	8
333.369866	1281.112222	9
561.552324	719.559898	10
156.742504	562.817394	11
31.92431	530.893084	12
7.793764	523.099320	13
2.107427	520.991893	14
0.602033	520.389860	15
0.177055	520.212805	16
0.052882	520.159923	17
0.015927	520.143996	18
0.004819	520.139177	19
0.001461	520.137716	20
0.000444	520.137272	21
0.000135	520.137137	22
0.000041	520.137096	23
0.000012	520.137084	24
0.000004	520.137080	25

يتبين من الجدول (1) أن قيمة التحسن بلغت في التكرار رقم 25 قيمة أصغر من القيمة الأصغرية المسموح بها، وبالتالي سوف يتوقف التابع عند هذا التكرار.

ينتج عن تطبيق التابع fcm ثلاث مجموعات عناصر، نعيد تشكيل عناصر كل مجموعة على حدة لتشكيل جزء محدد من الصورة الأصلية. يبين الشكل (11) الصور الناتجة عن تشكيل عناصر كل مجموعة من المجموعات الثلاث الناتجة:



(ج)

(ب)

(أ)

الشكل (11) الصور الناتجة عن تشكيل عناصر المجموعات الثلاث

أ- صورة عناصر خلفية الصورة وتتضمن عدداً قليلاً جداً من العناصر التي لا تنتمي إلى الخلفية
ب- صورة عناصر المناطق السليمة في الكبد ج- صورة عناصر المناطق المريبة في الكبد

الخطوة الثانية: نقوم من أجل كل صورة من الصور الناتجة عن الخطوة السابقة باسترجاع العناصر المقابلة لها في صورة منطقة الكبد في الشكل (10)، حيث تقاطع عناصر كل صورة مع صورة منطقة الكبد، ليتشكل ثلاث صور جزئية إذا قمنا بجمعها بعضها مع بعض ينتج لدينا الصورة الأصلية التي تمثل كامل منطقة الكبد التي تم استخلاصها في المرحلة الأولى.



(ج)

(ب)

(أ)

الشكل (12) صور المجموعات الثلاث بعد استرجاع عناصرها من صورة منطقة الكبد الناتجة عن المرحلة الأولى

أ- صورة عناصر خلفية الصورة وتتضمن عددًا قليلاً جدًا من العناصر التي لا تنتمي إلى الخلفية

ب- صورة عناصر المناطق السليمة في الكبد ج- صورة عناصر المناطق المريية في الكبد

الخطوة الثالثة: نقوم في هذه الخطوة بفحص المجموعات الثلاث الناتجة عن الخطوة السابقة وتحديد المجموعة التي تمثل خلايا المناطق المريية، وذلك لأن تابع الـ fcm لا يعطي صور المجموعات الثلاث في الترتيب نفسه في كل مرة يتم فيها تنفيذه (حتى باستخدام المعطيات نفسها الدخول)، أي أننا لا نستطيع أن نفترض دائمًا أن المجموعة الأولى ستمثل الخلايا الطبيعية في منطقة الكبد، وأن المجموعة الثانية ستمثل خلايا المناطق المريية في منطقة الكبد، وأن المجموعة الثالثة ستمثل الخلايا التي تنتمي إلى خلفية الصورة. وقد تمت عملية الفحص وتحديد المجموعة بالاعتماد على القيمة العظمى للسويات الرمادية في كل مجموعة لأن:

$$g_L > g_S > g_B \quad (4)$$

حيث

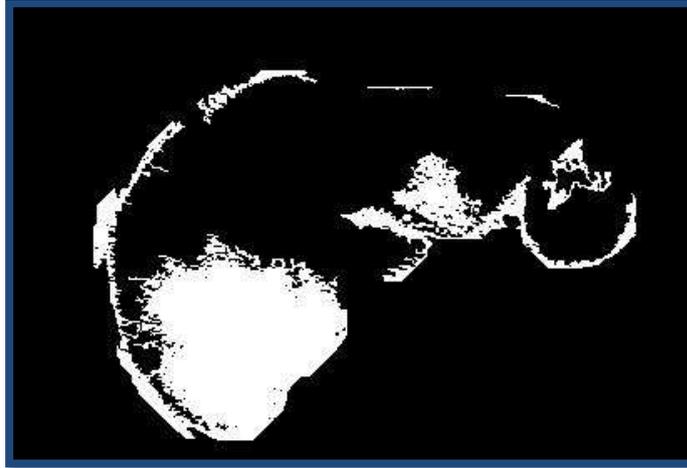
g_L : القيمة العظمى للسويات الرمادية في مجموعة عناصر الخلايا الطبيعية في منطقة الكبد.

g_S : القيمة العظمى للسويات الرمادية في مجموعة عناصر خلايا المناطق المريية في منطقة الكبد.

g_B : القيمة العظمى للسويات الرمادية في مجموعة عناصر خلفية الصورة.

ومن أجل ذلك يتم حساب القيمة العظمى للسويات الرمادية في كل صورة من الصور الثلاث الناتجة عن الخطوة السابقة وتطبيق الشرط السابق لتحديد الصورة التي تمثل المناطق المريية في منطقة الكبد.

الخطوة الرابعة: نقوم في هذه الخطوة بالتخلص من المناطق ذات المساحات الصغيرة جدًا، بالمقارنة مع مساحات المناطق المريية التي نريد استخلاصها، من خلال تطبيق التابع $bwareaopen$ ، وهو أحد توابع العمليات المورفولوجية الموجودة في مكتبة معالجة الصورة في MATLAB. بحيث يتم حذف جميع المناطق المتصلة التي عدد عناصرها أقل أو يساوي عدد محدد (100 عنصر وهي قيمة تقديرية لمساحات هذه المناطق الصغيرة):



الشكل (13) حذف المناطق المتصلة ذات المساحات الصغيرة جداً بالمقارنة بمساحات المناطق المرئية

الخطوة الخامسة: نسترجع القيم الأصلية لعناصر المناطق المرئية من صورة الكبد وفقاً للمعادلة (5):

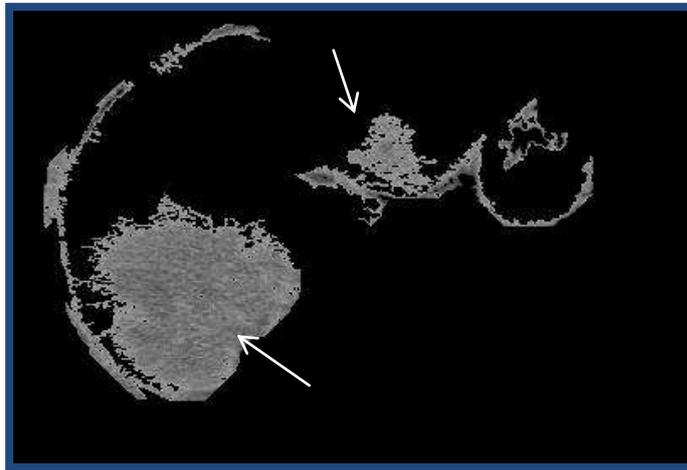
$$f^*(i,j) = \begin{cases} f_0(i,j) & \text{if } f_B(i,j) > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

حيث:

$f^*(i,j)$: صورة المناطق المرئية المستخلصة من منطقة الكبد

$f_0(i,j)$: صورة منطقة الكبد الناتجة عن المرحلة الأولى (مرحلة استخلاص منطقة الكبد)

$f_B(i,j)$: الصورة الثنائية في الشكل (13)



الشكل (14) المناطق المرئية المستخلصة من منطقة الكبد

يلاحظ من الشكل (14) وجود مناطق (أجزاء) غير مرغوبة في الصورة إلى جانب المناطق المرئية والتي بقيت بسبب التقارب الحاصل بين قيم السويات الرمادية الخاصة بها وقيم السويات الرمادية للمناطق المرئية. ويمكن التخلص من هذه الأجزاء غير المرئية اعتماداً على مقارنة خصائصها (الشكل، المساحة، القرب من المحيط،....) مع القيم المعيارية لهذه الخصائص بالنسبة للكتل الورمية [16].

الجدول (2) قائمة بأهم التوابع المستخدمة من مكتبة معالجة الصورة في MATLAB

التابع	الشرح
im2bw	تحويل الصورة إلى صورة ثنائية
bwconncomp	تحديد المناطق (المركبات المتصلة) في الصورة الثنائية
bwareaopen	حذف المناطق ذات المساحات الأقل من مساحة معينة (يتم تحديدها) في الصورة الثنائية
imclose	تطبيق عملية الـ Closing على الصورة الثنائية باستخدام عنصر تشكيل مناسب للهدف المطلوب تنفيذه
imopen	تطبيق عملية الـ Opening على الصورة الثنائية باستخدام عنصر تشكيل مناسب للهدف المطلوب تنفيذه
fcm	تطبيق خوارزمية الـ FCM على الصورة الثنائية من أجل تجميع عناصرها ضمن مجموعات يتم تحديدها مسبقاً

النتائج والمناقشة:

نعمل فيما يلي أهم النتائج التي توصلنا إليها بتطبيق الطريقة التي قمنا بتطويرها وشرحها في متن ورقة البحث هذه على الصور التي استخدمناها:

الجدول (3) نتائج تطبيق الطريقة المطورة على الصور بشكل نسب مئوية*

الحالة	العدد	دقة الاستخلاص %	ملاحظات
أورام الخلايا الكبدية الأولية	6	95	تم استخلاص معظم المناطق الورمية
أورام كبدية ثانوية انتقالية	2	80	تم استخلاص معظم المناطق الورمية الثانوية
حالة كبد سليم	1	100	لم يتم استخلاص أي مناطق كنتيجة خاطئة
كيسة Cyst في منطقة الكبد	1	100	تم استخلاص كامل منطقة الكيسة
مناطق مريية في منطقة الكبد	2	100	تم استخلاص كامل المناطق المريية

* تم تحديد دقة الاستخلاص من خلال الحساب التقريبي لنسبة مساحات المناطق المريية المستخلصة من الكبد إلى مساحات المناطق المريية في الكبد حسب التشخيص الطبي.

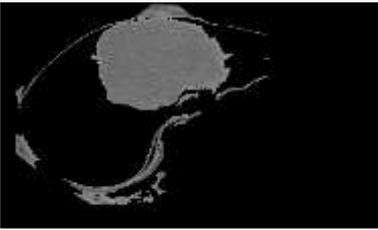
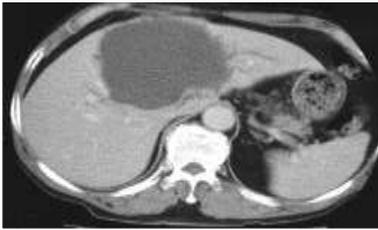
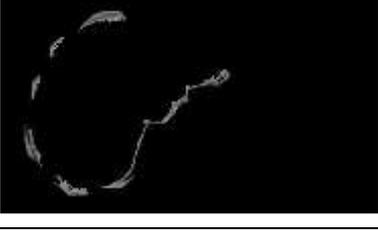
1. تم استخلاص كامل المناطق المريية تقريباً من مناطق الكبد في الصور المستخدمة، ولم يتم استخلاص مناطق إضافية كنتائج سلبية خاطئة (باستثناء أجزاء من حدود منطقة الكبد يمكن التخلص منها من خلال معالجة لاحقة [16]).

2. لم يتم استخلاص جزء صغير من المنطقة المريية في أحد الصور المستخدمة، بسبب أن القسم من منطقة الكبد الذي يحتوي على هذا الجزء لم يتم استخلافه في المرحلة الأولى بسبب ارتفاع قيم السويات الرمادية لخلايا هذه القسم، مما أدى لحذفها خلال خطوة التعيين. ويمكن من حيث المبدأ التغلب على هذه المشكلة من خلال تطبيق معالجة أولية مناسبة على الصور المستخدمة [17].

3. تم استخلاص معظم مناطق الأورام الثانوية عند تطبيق الطريقة المطورة على صور حالات الأورام الثانوية، ويتطلب كشف واستخلاص هذه الأورام معالجة خاصة إضافية بسبب طبيعتها من حيث الانتشار والمساحة.

4. أعطت الطريقة المطورة نتيجة صحيحة ودقيقة عند تطبيقها على الحالة السليمة، حيث تم تجميع خلايا منطقة الكبد ضمن مجموعة واحدة باستثناء بعض أجزاء الكبد، وذلك بسبب عدم احتواء الكبد على أي منطقة مريية. مما يدل على سلامة أداء الطريقة المطورة في حالات صور الكبد السليمة والمريضة.
5. إن قيم السويات الرمادية لخلايا حدود الكبد قريبة إلى قيم السويات الرمادية للمناطق المريية التي تظهر في الكبد عند التصوير مع استخدام المادة الملونة، مما أدى إلى ظهور أجزاء من حدود الكبد في معظم الصور الناتجة عن استخلاص المناطق المريية من الكبد، ولا يؤثر ذلك في وضوح المناطق المريية المستخلصة.

الجدول (4) ملخص تطبيق الطريقة المطورة على الحالات الأساسية التي تتضمنها الصور المستخدمة في البحث

المناطق المريية المستخلصة	الصورة المقطعية المحوسبة لمنطقة البطن	
		1
	التشخيص: كتلة ورمية خبيثة في الكبد	
		2
	التشخيص: وجود كيسة في الكبد	
		3
	التشخيص: كتل ورمية ثانوية في الكبد	
		4
	التشخيص: كبد سليم	

الاستنتاجات والتوصيات:

1. تبين أن استخدام خوارزمية ترقيم المركبات المتصلة CCL في عملية استخلاص منطقة الكبد يساعد في تطوير طريقة آلية، لأنها لا تتأثر بالعديد من العوامل المتغيرة، مثل اختلاف شروط التصوير ومساحة الكبد.
2. تعدّ خوارزمية الـ FCM فعالة في استخلاص المناطق المريية من منطقة الكبد، كونها موثوقة ولا تتأثر بتغير شروط عملية التصوير، وقد أعطت نتائج ذات دقة عالية كما بينا في الجدول (3).
3. يعتمد نجاح الطريقة المطورة في البحث على الاستخلاص الأمثل لمنطقة الكبد، وذلك بسبب أن المرحلة الثانية من الطريقة المطورة تقوم باستخلاص المناطق المريية منها، لذلك يجب أن تكون المناطق المريية في منطقة الكبد قد تم استخلاصها ضمن منطقة الكبد في المرحلة الأولى من الطريقة المطورة بشكل كامل.
4. نحصل على استخلاص أفضل لمنطقة الكبد كلما كانت منطقة الكبد واضحة أكثر ومنفصلة عن بقية الأعضاء الظاهرة في الصورة (أي لا يوجد تداخل بينها وبين هذه الأعضاء الأخرى).
5. نحصل على استخلاص أفضل للمناطق المريية كلما كان التباين أكبر بين قيم السويات الرمادية لخلايا الكبد الطبيعية وقيم السويات الرمادية لخلايا المناطق المريية.
6. يمكن تطبيق الطريقة المطورة على عدد أكبر من الصور المستحصلة لحالات مختلفة من آفات الكبد والمرضى من أجل إجراء محاكاة سريرية Clinical Trial عن أداء الطريقة، بالإضافة إلى معايرة خطواتها، مثل الاختيار الأنسب لحجم وشكل عناصر التشكيل المستخدمة في العمليات المورفولوجية المستخدمة في الطريقة.

المراجع:

- [1] PARKIN, D.M. et al. *Global Cancer Statistics 2002*. CA Cancer J Clin, Vol. 55, N° 2, 2005, 74-108.
- [2] CHOUDHARY, A. et al. *An Entropy Based Multi-Thresholding Method for Semi-Automatic Segmentation of Liver Tumors*, University of Verona, The MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-12.
- [3] GIGER, M. *Computer-Aided Diagnosis in Medical Imaging – A New Era in Image Interpretation*. University of Chicago USA, 2006, 75-79.
- [4] WONG, D. et al. *A semi-automated method for liver tumor segmentation based on 2D region growing with knowledge-based constraints*. The MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-10.
- [5] MALA K. et al. *Neural Network based Texture Analysis of Liver Tumor from Computed Tomography Images*. International Journal of Biomedical Sciences, Vol. 2 N° 1, 2006, 33-60.
- [6] SHIMIZU A. et al. *Ensemble segmentation using Ada Boost with application to liver lesion extraction from a CT volume*. The MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-11.
- [7] KOSS J. E. et al. *Abdominal Organ Segmentation Using Texture Transforms and a Hopfield Neural Network*, IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 18, N° 7, 1999, 640-648.
- [8] KOBASHI M. et al. *Knowledge-based Organ Identification from CT Images*, Pattern Recognition, Vol. 28, 1995, 475-491.

- [9] ZHOU, J. et al. *Semi-automatic Segmentation of 3D Liver Tumors from CT Scans Using Voxel Classification and Propagational Learning*. The MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-10.
- [10] HEIKEN, J. P. et al. *Detection of focal hepatic masses: Prospective evaluation with CT, delayed CT, CT during arterial portography and MR imaging*. Radiology, Vol. 171, 1989, 47-51.
- [11] STAWISKI, J. et al. *Interactive Liver Tumor Segmentation Using Graph-cuts and Watershed*. The MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-12.
- [12] LIM, S. et al. *Segmentation of the Liver Using the Deformable Contour Method on CT Images*. Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, Vol. 3767, 2005, 570-581.
- [13] HAME, Y. *Liver Tumor Segmentation Using Implicit Surface Evolution*. The MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-10.
- [14] GONZALEZ, R. C. et al. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Prentice Hall, 2004, 521-538.
- [15] THE MATLAB TEAM, *Fuzzy Logic Toolbox™*, MATLAB, The Math Works, Inc, 2009.
- [16] HONG, J. et al. *Computer-Aided Diagnostic System Based on Liver CT image*. IAPR Workshop on Machine Vision Applications, The University of Tokyo, Japan, 2000, 419-422.
- [17] NUGROHO, H. A. et al. *Contrast Enhancement for Liver Tumor Identification*. MIDAS Journal - Grand Challenge Liver Tumor Segmentation (MICCAI Workshop), 2008, 1-11.