

تجزئة صور الأسنان الشعاعية باستخدام الهندسة التجزئية

الطالب م. علاء الشيخ - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين

الدكتور المشرف: أ.د. مريم محمد ساعي

المشرف المشارك: د. عبد الوهاب نور الله

ملخص:

تم في البحث الحالي تصميم نظام لتجزئة صور الأسنان الشعاعية البانورامية للحصول على مناطق الأسنان إضافة لمناطق التصبغات والتشوهات والترميمات، والتي تساعد طبيب الأسنان على إيجاد التشخيص المناسب والعلاج اللازم لحالة المريض. تم تصميم النظام على عدة مراحل ففي المرحلة الأولى تم استخدام عمليات المعالجة المسبقة (تحسين تباين وتعريب) من أجل ضبط مستوى السويات الرمادية وتسهيل المراحل التالية، أما في المرحلة الثانية فقد تم تحديد واقتطاع المنطقة الهامة (ROI) وهي تمثل منطقة الأسنان فقط وإلغاء مناطق الخلفية وذلك بالاعتماد على العمليات المورفولوجية، وفي المرحلة الثالثة تم إنجاز عملية التجزئة بالاعتماد على طريقتين مختلفتين الأولى هي باستخدام البعد التجزئي Fractal Dimension أما الثانية فتمت بالاعتماد على السمات التجزئية Fractal Features. في المرحلة الأخيرة من البحث تم إنجاز عملية معالجة لاحقة تتضمن تلوين الصورة الناتجة عن عملية التجزئة وذلك بهدف توضيح الاختلافات في المناطق الناتجة بشكل أفضل. تم تطبيق التجارب العملية على قاعدة بيانات مؤلفة من 50 صورة أشعة بانورامية للأسنان. تم التحقق من النظام المصمم من خلال حساب مقاييس الأداء والدقة، كما تم التحقق من أهمية وجودة النتائج من خلال الرأي الطبي .Medical Opinion

الكلمات المفتاحية:

معالجة الصورة، صور الأسنان الشعاعية، الهندسة التجزئية، تجزئة الصورة.

Panoramic Teeth Image Segmentation Using Fractal Engineering

Prof. Dr. Mariam Saii
Professor in
Computer & Automatic
Control Engineering
Syria, Lattakia
[@gmail.com](mailto:mariam.saii@gmail.com)

Eng. Alaa Alshigh
Master Student
Computer & Automatic
Control Engineering
Syria, Lattakia
[@gmail.com](mailto:alaa.alshigh@gmail.com)

ABSTRACT:

In the current research, a panoramic radiographic teeth images segmentation system was designed to obtain dental areas in addition to areas such as pigmentation, deformities and restorations, which help the dentist to find the appropriate diagnosis and treatment necessary for the patient's condition. The system was designed in several stages. In the first stage, pre-processing operations (improving contrast and thresholding) were used in order to adjust the level of gray levels and facilitate the following stages. In the second stage, the Region Of Interest ((ROI) which represents the dental region only)) was identified and extracted, and elimination of background areas via morphological operations. In the third stage, the segmentation process was accomplished by using two different methods. The first is by using the Fractal Dimension (FD), while the second is based on the Fractal Features. In the final stage of the research, a Post-Processing, including coloring the image resulting from the segmentation process, was accomplished in order to better explain the differences in the resulting areas. Practical experiments were applied to a database consisting of 50 panoramic dental x-rays. The designed system was validated by using performance metrics and accuracy. The importance and quality of the results also were verified by the medical opinion.

Keywords:

Image Processing, X-ray Dental Images, Fractal Engineering, Image Segmentation.

1- مقدمة:

لتحليل النسيج Fractal Analysis أهمية خاصة عند معالجة الصورة الطبية وفي مختلف العلوم خصوصاً الطب، إذ تعد الأساس في التعرف الآلي Pattern Recognition والتعرف على المناطق المتجانسة. يتضمن تحليل النسجة تمييز المناطق مختلفة النسجة الموجودة في الصورة وتقطيع (تجزئ) هذه المناطق وهذا ما يسمى بالتقطيع النسيجي Texture Segmentation حيث يتم فصل كل منطقة عن الأخرى حسب النسجة المكونة للمناطق في الصورة [1]. يعتبر البعد التجزيئي Fractal Dimension (FD) سمة هامة في علم الهندسة التجزيئية Fractal Geometry وله العديد من التطبيقات في مختلف المجالات بما في ذلك مجالات معالجة الصورة Image Processing وتحليل الصورة Image Analysis والتجزئ المعتمد على الملمس أو الخشونة [2]. وللبعد التجزيئي والهندسة التجزيئية تطبيقات عديدة في مجال تجزيء الصور الطبية مثل التطبيقات التي تحدد مناطق الورم في الصور الطبية (تحديد الورم في الدماغ أو في نسيج الرئة مثلاً).

فيما يتعلق بتجزئ صور الأسنان، فقد ظهرت العديد من الدراسات في هذا المجال وكان الهدف الرئيس منها مساعدة الطبيب في كشف بعض المناطق والأجزاء في صور الأسنان التي قد تكون مهمة لعمليات التشخيص والعلاج والكشف المبكر عن الأمراض المحتملة، مما يوفر الوقت والجهد.

في العام 2012، قدم الباحث Rad وآخرون [3] طريقة لتجزئ صور الأسنان الشعاعية X-ray بالاعتماد على خوارزمية K-means وذلك من أجل الحصول على منطقتين أساسيتين في الصور هما الحدود والحواف Contour & Boundary. تم بداية تحسين الصور باستخدام طريقة مساواة الهستوغرام ومن ثم تم تطبيق خوارزمية K-Means للحصول على المناطق المطلوبة من الصور. تم تطبيق النظام المصمم على ثلاث صور فقط ولم تتم مقارنة النتائج مع الرأي الطبي لمعرفة مدى صحتها.

في العام 2015، قدم الباحثان Amer و Aqel [4] طريقة فعالة لتجزئ الصور البانورامية للأسنان. الهدف الرئيسي من الدراسة كان استخلاص منطقة ضرس العقل. تم تطبيق ثلاث مراحل أساسية هي المعالجة المسبقة (تحسين الصورة وتطبيق التعريب

الديناميكي باستخدام أوتسو) واستخلاص المناطق الهامة والمعالجة اللاحقة للحصول على منطقة ضرس العقل. تم تطبيق النظام على 97 صورة وتم حساب معدل الخطأ الأعظمي لتقييم دقة التجزئة حيث تم التوصل لخطأ تجزئة 110.91. لم يتم التحقق من دقة النتائج مقارنة مع الرأي الطبي.

عموماً، كانت دراسة Amer & Aqel أكثر دقة مقارنة بنتائج دراستي Patanachai [5] و Lira [6] حيث اعتمدت الأولى على تحويل الموجات Wavelet Transform والعمليات المورفولوجية Morphological Operations في حين اعتمدت الثانية على التصنيف بوجود معلم باستخدام السمات النسيجية supervised learning technique for texture recognition. أظهرت النتائج العملية قيم خطأ وسطية 131.75 و 116.01 للدراستين على التوالي.

في عام 2016، اعتمد الباحث Kaur وآخرون [7] على خوارزمية النمل من أجل عملية العنقدة Clustering للحصول على مناطق الأسنان فقط في صور الأسنان الشعاعية. كذلك تم الاعتماد على عتبة أوتسو الديناميكية من أجل إزالة المناطق غير المرغوبة والحصول على منطقة السن فقط. اعتمدت الدراسة على 8 صور شعاعية جزئية للأسنان تتضمن منطقة الأسنان ومنطقة خلفية فقط.

مؤخراً، في العام 2019، طبق الباحثان Geetha و Aprameya [8] طريقة تصنيف معتمدة على تحليل النسيج Texture Analysis لصور أشعة الأسنان X-ray من أجل تجزئة صور الأسنان وتحديد أماكن التسوس. تم استخدام مرشح اللابلاس Laplacian Filter لترشيح الصور وتوضيح الحواف، ومن أجل عملية التجزئة تم الاعتماد على مفهوم التعتیب التكيفي. تم التوصل لدقة تجزئة 96.88% على قاعدة بيانات مؤلفة من 64 صورة شعاعية X-ray تتضمن منطقة الأسنان فقط، لم يتم التحقق من النتائج بالمقارنة مع الرأي الطبي.

هناك ندرة في الأبحاث التي استخدمت الهندسة التجزئية في مجال تجزئة الأسنان وفي الآتي بعض هذه الدراسات. اعتمد الباحث Yasar [9] وآخرون على حساب السمات التجزئية للمناطق العظمية ومناطق اللثة في صور الأسنان الشعاعية. كان الهدف من الدراسة تحديد تأثير عملية المضغ على تغيير شكل مناطق الأسنان العظمية

- واللثة من خلال دراسة السمات التجزيئية لهذه المناطق. لم تحدد طبيعة قاعدة البيانات المستخدمة واكتفى الباحثون بالنتائج الطبية دون ذكر أي قياسات هندسية أخرى.
- من خلال دراسة الأبحاث السابقة والتعرف على المجالات التي يمكن استخدام الهندسة التجزيئية والبعد التجزيئي فيها، تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية:
- هناك ندرة في عدد الأبحاث التي استخدمت الطرق التجزيئية من أجل معالجة صورة الأسنان الشعاعية أو البانورامية.
 - معظم الأبحاث السابقة في مجال تجزيء صور الأسنان اعتمدت على صور مجزأة تتضمن مناطق الأسنان دون الصور البانورامية الكاملة مما يجعل تجزيئها أسهل، لكنها بعيدة عن الواقع الفعلي والعملي حيث أن صور الأسنان تأتي بالأصل بانورامية ومن ثم يتم اقتطاعها يدوياً أو آلياً لتحديد المناطق المهمة فيها.
 - استخدمت بعض الأبحاث عدداً قليلاً جداً من الصور في قاعدة بيانات الاختبار مما يجعل موثوقية نتائجها أقل، في حين أن البعض الآخر لم يستخدم مقاييس دقة لتحديد كفاءة الطرق المقترحة.
 - لم تقارن أغلب الدراسات السابقة نتائجها مع الرأي الطبي مما يجعل موثوقية نتائجها أقل.

2- هدف البحث وطريقته:

1-2 أهداف البحث:

- يهدف البحث الحالي إلى تجزيء صور البانوراما الشعاعية للأسنان باستخدام الهندسة التجزيئية والبعد التجزيئي. تأتي أهمية البحث من النقاط الآتية:
- إن تجزيء صور الأسنان البانورامية يسمح للطبيب باكتشاف وتحديد مناطق التشوهات في الأسنان، إضافة لتحديد مناطق الترميمات والالتهابات والتي يمكن أن تظهر بشكل واضح ومنعزل عن بقية الأجزاء من خلال عملية التجزيء.
 - تساعد عملية تجزيء الأسنان الطبيب في عمليات التشخيص والعلاج وتمثل رأي ثاني يضاف لرأي الطبيب المختص ويدعم قراره الطبي.

- يمكن الاستفادة من نظام تجزئ صور الأسنان المصمم في تجزئ الصور في مختبرات التصوير وإعطاء صور شعاعية مجزأة للاستفادة منها سواء في البحث العلمي أو الطبيب.

2-2 أدوات البحث:

بالنسبة لأدوات البحث:

1- مجموعة بيانات صور الأشعة السينية البارنورامية Dataset التي تم جمعها من قبل الباحث من مراكز التصوير في اللاذقية.

2- حزمة الماتلاب Matlab ومكتبة معالجة الصورة فيها.

أما فيما يتعلق بحدود البحث فهي تكمن في تجزئ صور الأشعة البارنورامية وإلغاء مناطق الخلفية (الفك ويقية المناطق) والحصول على مناطق الأسنان فقط لتحديد مناطق الإصابات والتشوهات والترميمات الموجودة في الأسنان لمساعدة الطبيب على تحديد التشخيص والعلاج المناسب.

2-3 الهندسة التجزئية والبعد التجزئي:

تعتبر الهندسة التجزئية (Fractal Geometry) إحدى فروع الرياضيات الحديثة. حيث أنها من أحدث التقنيات المعتمدة في الكثير من التطبيقات لمعالجة الصور. يعتبر عالم الرياضيات Benoit B. Mandelbrot من أوائل الباحثين في مجال الهندسة التجزئية ومفهوم البعد التجزئي والذي يعتبر بمثابة مقياس لخشونة أو نعومة نسيج مكونات الأجسام والصور [10].

2-4 طرق التحليل التجزئي Fractal Analysis Approaches

هناك طريقتان أساسيتان للتحليل التجزئي وهما طريقة تغيير البعدين، وطريقة عد الصناديق. تم اعتماد طريقة عد الصناديق في البحث.

طريقة عد الصناديق Box Counting Method:

تتضمن الطريقة الافتراضات والخطوات التالية:

1- اعتبار أن الصورة ذات الأبعاد $M * M$ لها 3 أبعاد X, Y, Z تشير X, Y لإحداثيات

البكسل أما Z لقيمة السوية الرمادية.

2- تقسيم مستوي الصورة X,y إلى مقاطع غير متداخلة بأبعاد SXS بحيث أن S

رقم صحيح ويحقق الشرط: $M/2 > s > 1$

3- في كل مقطع هناك عمود من الصناديق Box بحجم SXS وبارتفاع s

4- يتم ترقيم الصناديق من 1،2،3،..... حتى انتهاء قيمة السوية الرمادية

5- البحث عن أدنى وأعلى سوية رمادية ضمن العمود الواحد وتحديد الصناديق التي

تقع ضمنها

6- يتم حساب عدد الصناديق التي تقع ضمن المجال السابق وفق العلاقة (1).

$$nr(l,j)=l-k+1 \quad (1)$$

حيث r مجال الصندوق وهو هنا ذاته S

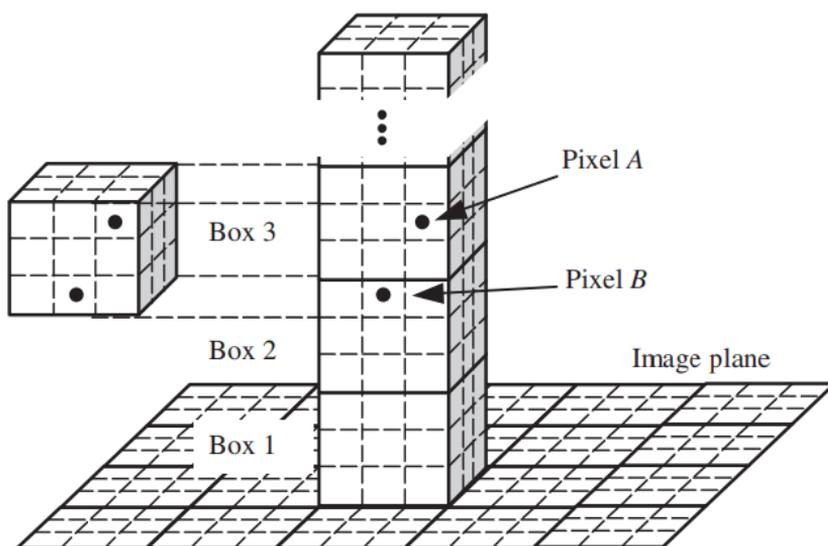
7- حساب البعد التجزيئي FD من خلال العلاقة (2).

$$\text{Log}(nr)/\text{log}(1/r) \quad (2)$$

8- تكرار العملية السابقة على باقي بكسلات الصورة لحساب البعد التجزيئي لكل

بكسل.

يوضح الشكل (1) مخطط توضيحي لطريقة عد الصناديق [11].



الشكل (1) مخطط توضيحي لطريقة عد الصناديق لحساب البعد التجزئي [11]

2-5 تجزئة الصورة Image Segmentation:

يتم تجزئة الصورة بالاعتماد على أحد مبدئين أساسيين هما الاتصالية Connectivity والانقطاع Disconnectivity ففي حالة الاتصالية يمكن الاعتماد على طرق مثل تنامي المنطقة Region Growing وفصل وضم المناطق Region Splitting and Merge أما في الطرق المعتمدة على الانقطاع فيمكن استخدام مبادئ التعتیب وكشف الحواف وكشف الخطوط [12]. تم في البحث الحالي اقتراح طريقتين أساسيتين لعملية التجزئة تعتمد الأولى على السمات التجزئية في حين تستخدم الثانية مبدأ البعد التجزئي.

2-5-1 التجزئة بالاعتماد على السمات التجزئية Fractal feature-based Segmentation:

إن الكثير من الصور الطبيعية تتضمن مناطق مكررة أو متشابهة بطبيعتها مما يجعل من كشفها بالاعتماد على السمات التجزئية أمراً ممكناً. تتميز الطرق المعتمدة على الهندسة التجزئية بقدرتها على تمييز المناطق حسب النسج وبشكل جيد.

خوارزمية 1:

تجزئ صور الأسنان الشعاعية المعتمد على السمات التجزئية.
الدخل: صورة الأسنان الشعاعية. **الخرج:** المناطق المهمة (الأسنان - التصبغات - الترميمات)

1- مرحلة المعالجة المسبقة وتتضمن المراحل التالية:

- 1-1 قراءة الصورة الرمادية الشعاعية.
- 2-1 تغيير قياس الصورة إلى قياس محدد $300*600$ وذلك من أجل توحيد عمليات المعالجة للمراحل التالية.
- 3-1 كشف حواف الصورة العمودية باستخدام مرشح سوبل العمودي [12] وذلك كون أن الفراغات بين الأسنان تكون بشكل عمودي. وفي الآتي مصفوفة المرشح المستخدم.

$$H=[-1 \ 0 \ 1$$

$$-2 \ 0 \ 2$$

$$-1 \ 0 \ 1]$$

2- تحديد المنطقة الهامة ROI وتتضمن المراحل الآتية:

- 1-2 توسيع الصورة الناتجة عن عملية كشف الحواف باستخدام عنصر بناء structure element سطري (أفقي بزاوية صفر) وذلك بهدف تمديد المناطق الناتجة بالاتجاه الأفقي للحصول على منطقة واحدة للأسنان فقط.
- 2-2 تحويل الصورة الناتجة من عملية التوسيع إلى الصيغة الثنائية بعتبة عالية (كون المناطق المهمة باللون الأبيض الفاتح).
- 3-2 الاحتفاظ بالمنطقة ذات الحجم الأكبر فقط (المنطقة الهامة) وتمثل قناع ROI.
- 3-3 اقتطاع منطقة ROI من صورة الأشعة البانورامية وتتضمن المراحل التالية:
 - 1-3 اقتطاع ما يوافق قناع ROI من الصورة الرمادية الأصلية.
 - 2-3 تطبيق عملية مساواة الهستوغرام التكيفي Adaptive Histogram Equalization من أجل تحسين تباين صورة ROI الناتجة (تمثل الصورة الناتجة من

هذه المرحلة أحد مخارج الخوارزمية والتي يمكن استخدامها لتطبيقات مختلفة أخرى وتمثل منطقة الأسنان فقط دون الخلفية).

4- مرحلة التجزئة باستخدام السمات التجزئية وتتضمن المراحل الآتية:

4-1 تعتيب الصورة الناتجة عن خرج المرحلة 3 باستخدام خوارزمية أوتسو للتعتيب.

4-2 من أجل كل قيمة للعتبات يتم إنجاز المراحل التالية:

4-2-1 إيجاد حدود الصورة الناتجة عن التعتيب.

4-2-2 حساب البعد التجزئي لكل بكسل من بكسلات الحدود للحصول على صورة

السمات التجزئية للحدود، وحساب السمات الشكلية وهي: البعد التجزئي لبكسلات

الحدود، القيمة المتوسطة لبكسلات الحدود، عدد بكسلات الحدود (المحيط).

4-2-3 ترشيح الصورة الناتجة عن التعتيب ودمجها مع صورة السمات التجزئية

والاحتفاظ بالمناطق ذات المساحة الأكبر والتي تمثل مناطق الاختلافات في الأسنان

(مناطق التشققات - الترميمات - الالتهابات).

خوارزمية 2:

تجزية صور الأسنان الشعاعية المعتمد على تكرار السمات التجزئية.

تكرر خطوات الخوارزمية 1 نفسها مرتين وذلك بهدف زيادة دقة التجزئة.

2-5-2 التجزئة بالاعتماد على البعد التجزئي Fractal Dimension-based

:Segmentation

في هذه الطريقة سيتم الاعتماد على البعد التجزئي حيث تحول الصورة إلى البعد

التجزئي [15] ومن ثم تطبق عملية التجزئة.

خوارزمية 3:

تجزية صور الأسنان الشعاعية المعتمد على البعد التجزئي.

الدخل: صورة الأسنان الشعاعية. **الخرج:** المناطق المهمة (الأسنان - التصبغات -

الترميمات)

1- الانتقال للبعد التجزئي للصورة Fractal Dimension Transformation

2- إيجاد صورة الفرق بين الصورة الاصلية وصورة البعد التجزئي وفق العلاقة (3).

$$D = I(x,y) - FD(x,y) \quad (3)$$

- حيث تمثل الصورة الأصلية، FD الصورة في البعد التجزيئي، D صورة الفرق.
- 3- التحويل للصيغة الثنائية بعتبة كبيرة 0.9
- 4- إيجاد المتمم الثنائي للنتائج لقلب المناطق البيضاء سوداء والعكس بالعكس وذلك للحصول على مناطق الأسنان والمناطق المرغوبة باللون الأبيض والخلفية باللون الأسود.
- 5- تطبيق العمليات المورفولوجية من أجل المعالجة اللاحقة Post Processing وتتضمن:
- 1-5 ملء مناطق الصورة الناتجة عن التعريب Filling Holes والهدف الحصول على مناطق مجمعة وملء الفراغات والثقوب فيها.
- 2-5 حذف المناطق الصغيرة وغير المهمة Opening وذلك للحصول على المناطق الكبيرة المهمة وإهمال النقاط الصغيرة الشاذة Outliers.
- 2-6 قياسات الأداء Performance Metrics:
- تم اعتماد عدد من قياسات الأداء والتي تهدف إلى تقييم أداء الخوارزميات المستخدمة ومن بين هذه القياسات [13،14]:
- 1- معدل التجزيء الصحيح ويعطى وفق العلاقة (4).
- معدل التجزيء = عدد الصور التي نجحت في عملية التجزيء / العدد الكلي للصور (4)
- 2- الخطأ الوسطي FRR: هو القيمة المتوسطة لمجموع خطأ القبول الصحيح وخطأ الرفض الصحيح ويعطى وفق العلاقة (5).
- $$EER = (FAR + FRR) / 2 \quad (5)$$
- حيث FAR هو معدل القبول الخاطئ: ويمثل عدد المناطق التي تم اعتبارها أسنان وظهرت في نتيجة التجزيء.
- FRR هو معدل الرفض الخاطئ ويمثل عدد المناطق التي تم إهمالها وهي بالحقيقة مناطق أسنان (مهمة) كان يجب عدم إهمالها.
- 3- الخطأ الوسطي لكشف مناطق الأسنان ويعطى وفق العلاقة (6).
- خطأ كشف مناطق الأسنان = (خطأ ناتج عن إهمال مناطق أسنان صحيحة + الخطأ الناتج عن كشف مناطق خاطئة (ليست أسنان)) / 2
- (6)

4- دقة التجزئة Accuracy وتعطي وفق العلاقة (7).

$$\text{دقة التجزئة} = 100 * (1 - \text{قيمة الخطأ الوسطي}) \quad (7)$$

3- المناقشة:

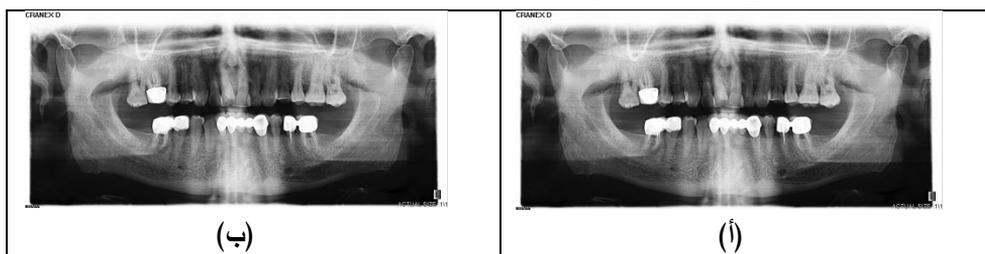
من أجل توضيح النتائج العملية بشكل جيد، تم اقتراح استخدام عدد من سيناريوهات الاختبار ومن ثم سرد نتائج كل منها، وفي النهاية تم تطبيق معاملات الأداء على الاختبارات العملية لمعرفة دقة النتائج ومقارنة هذه النتائج مع الرأي الطبي لمعرفة درجة أهميتها ودقتها. طبقت الاختبارات العملية على قاعدة بيانات صور أسنان شعاعية بانورامية مؤلفة من 50 صورة تم الحصول عليها من عيادة طبية متخصصة بتصوير الأشعة. تتضمن صورة الأشعة البانورامية صورة لكامل الفك بما فيها الأسنان وجذورها وجزء من عظام الفك كما يوضح الشكل (2).

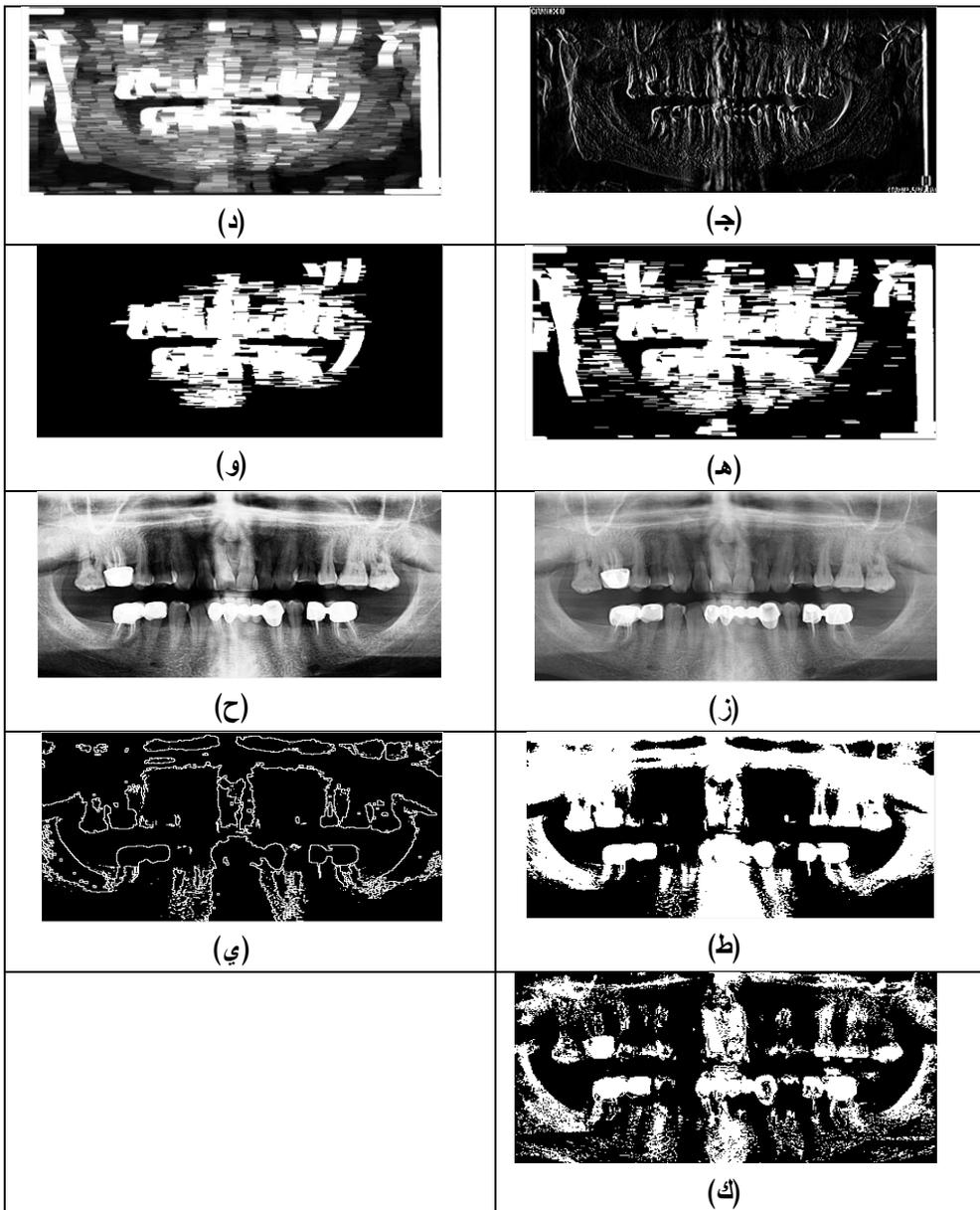


الشكل (2) مثال عن صورة بانورامية للفك والأسنان

3-1 نتائج اختبار طريقة تجزئة صور الأسنان الشعاعية بالاعتماد على السمات التجزئية

يوضح الشكل (3) نتائج تطبيق الخوارزمية 1 الخاصة بتجزئة صور الأسنان الشعاعية اعتماداً على السمات التجزئية.





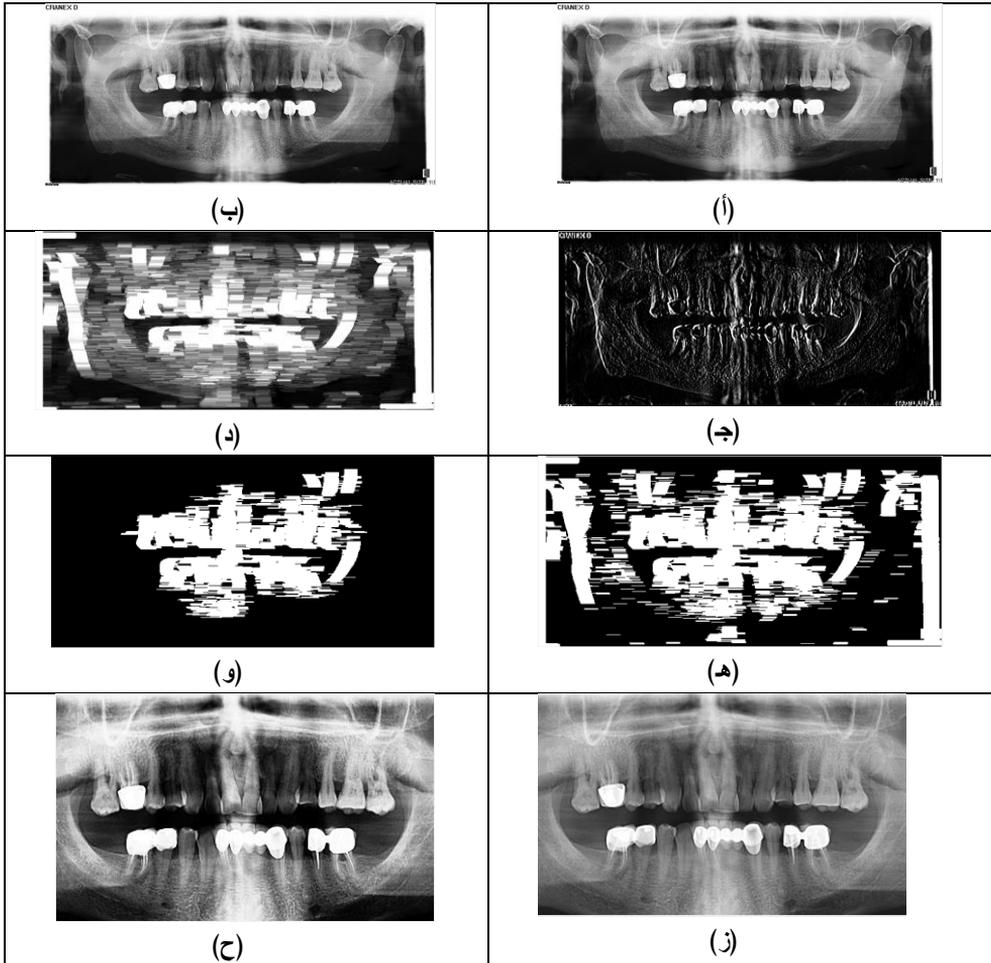
الشكل (3) ناتج تنفيذ خوارزمية تجزئة الصور الشعاعية للأسنان باستخدام السمات التجزئية:
 (أ) الصورة الأصلية، (ب) ناتج التحجيم، (ج) ناتج تطبيق مرشح سوبل لكشف الحواف العمودية، (د)
 ناتج تطبيق التوسيع المورفولوجي، (هـ) التعتيب بعتبة عالية، (و) الاحتفاظ بالمنطقة الأكبر، (ز)
 اقتطاع ROI من الصورة الأصلية، (ح) تسوية الهستوغرام التكيفي، (ط) تعتیب الصورة باستخدام
 عتبة أوتسو، (ي) إيجاد حدود الصورة وحساب السمات التجزئية لها، (ك) دمج صورة السمات
 التجزئية مع ناتج التعتيب

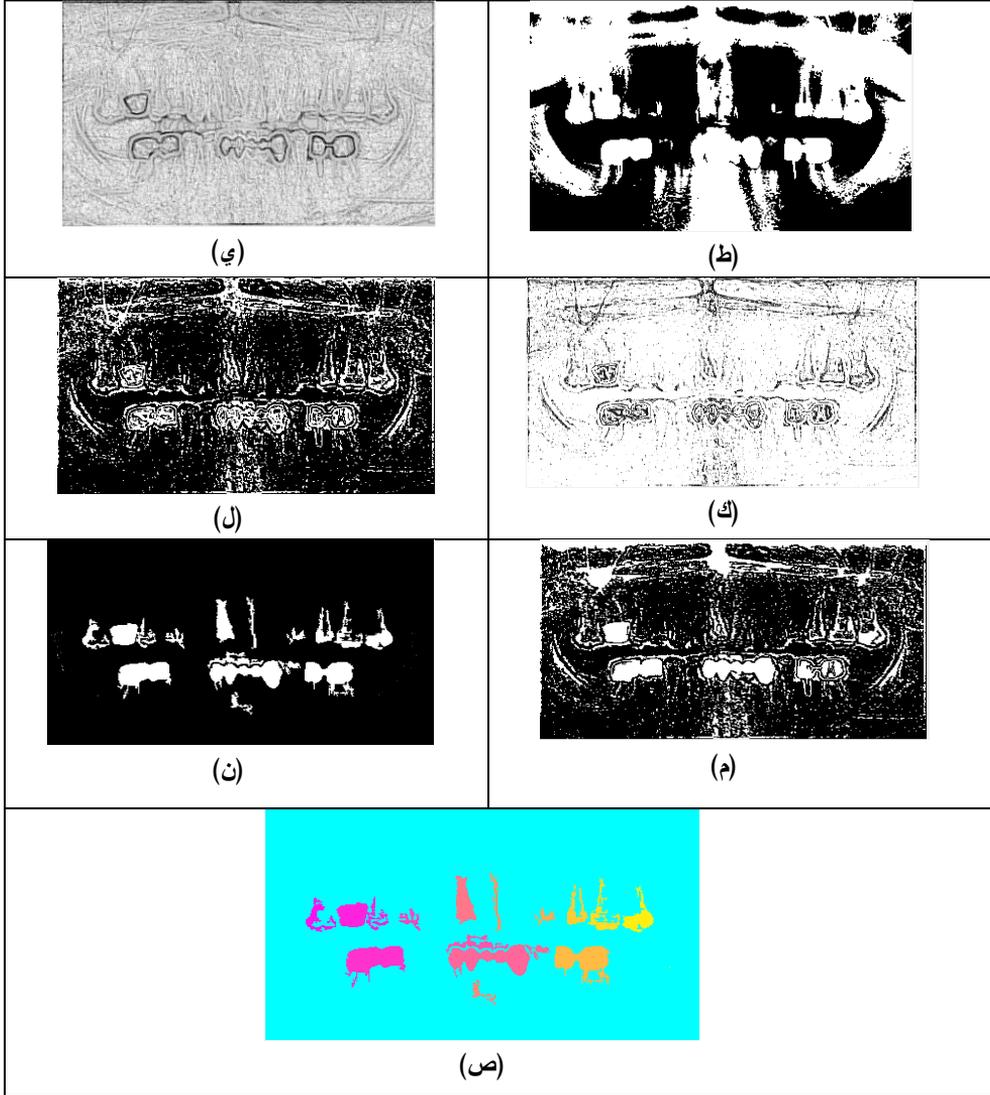
تبين الصورة الناتجة عن التجزئة ظهور الأسنان ومناطق الترميمات في الأسنان وجزء من عظام الفك العلوي والسفلي، مما يعني أن خوارزمية السمات التجزئية ليست فعالة بما فيه الكفاية في تجزئة صور الأسنان، ولهذا السبب تم اعتماد طريقتين أخريين الأولى هي إنجاز تكرار آخر لخوارزمية السمات التجزئية والثاني هو طريقة التجزئة بالاعتماد على البعد التجزئي.

2-3 نتائج اختبار طريقة تجزئة صور الأسنان الشعاعية بالاعتماد على البعد

التجزئي

يوضح الشكل (4) نتائج تطبيق الخوارزمية 3 الخاصة بتجزئة صور الأسنان الشعاعية اعتماداً على البعد التجزئي.



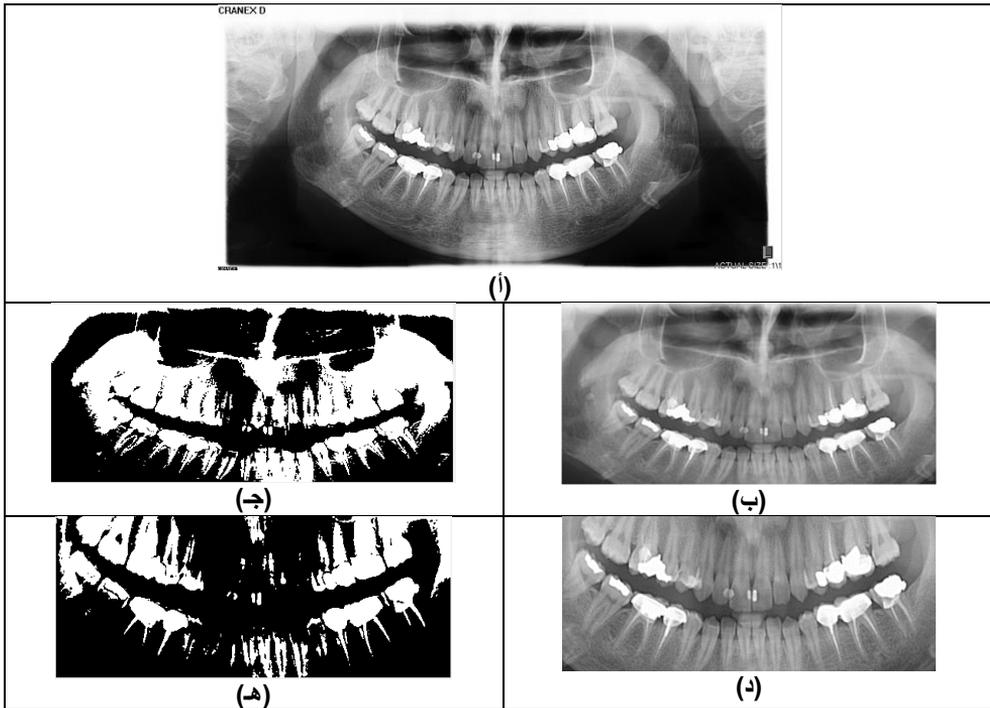


الشكل (4) ناتج تنفيذ خوارزمية تجزئ الصورة الشعاعية للأسنان باستخدام البعد التجزيئي: (أ) الصورة الأصلية، (ب) ناتج التحجيم، (ج) ناتج تطبيق مرشح سويل لكشف الحواف العمودية، (د) ناتج تطبيق التوسيع المورفولوجي، (هـ) ناتج التعيب بعتبة عالية، (و) الاحتفاظ بالمنطقة ذات الحجم الأكبر، (ز) اقتطاع المنطقة المهمة من الصورة الأصلية ROI، (ح) تحسين الصورة المقطعة بتسوية الهيستوغرام التكيفي، (ط) الصورة (ح) في البعد التجزيئي، (ي) صورة الفرق بين الصورة المقطعة ROI وصورة البعد التجزيئي، (ك) ناتج التحويل للصيغة الثنائية بعتبة 0.9 وإيجاد المتمم الثنائي للفرق، (ل) ناتج ملء مناطق الصورة الناتجة عن التعيب، (م) حذف المناطق الصغيرة والحصول على النتيجة النهائية للتجزئ، (ص) الصورة المجزأة بعد تلوين المناطق

3-3 اختبار طريقة تجزئة صور الأسنان الشعاعية بالاعتماد على تكرار خوارزمية

السمات التجزئية:

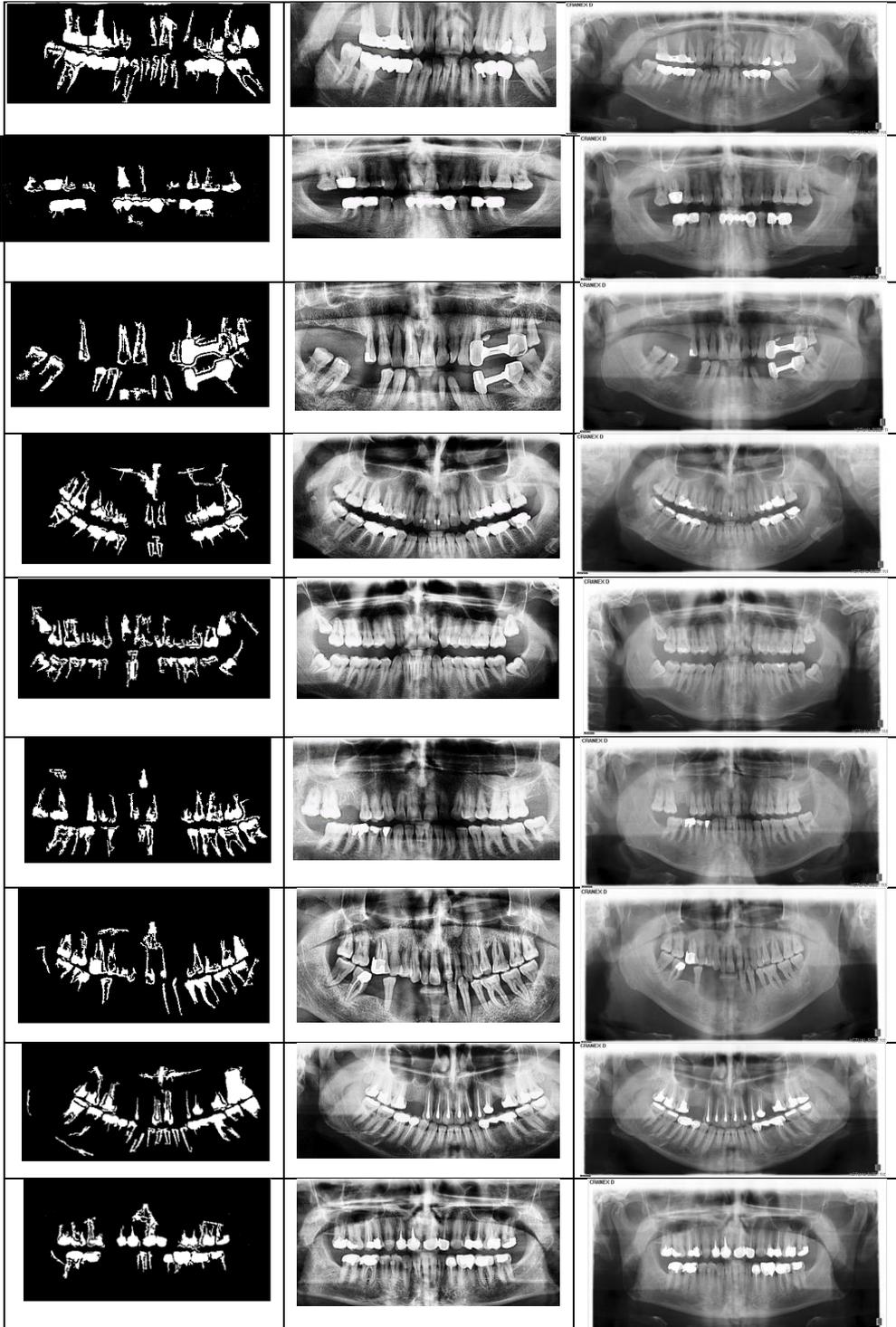
في هذا السيناريو سنعيد تكرار تنفيذ خوارزمية التجزئة بالاعتماد على السمات التجزئية مرة أخرى والهدف تركيز عملية التجزئة على المناطق الهامة فقط وإهمال مناطق الخلفية التي تظهر في التكرار الأول. يوضح الشكل (5) مثال عن تكرار التجزئة باستخدام السمات التجزئية.

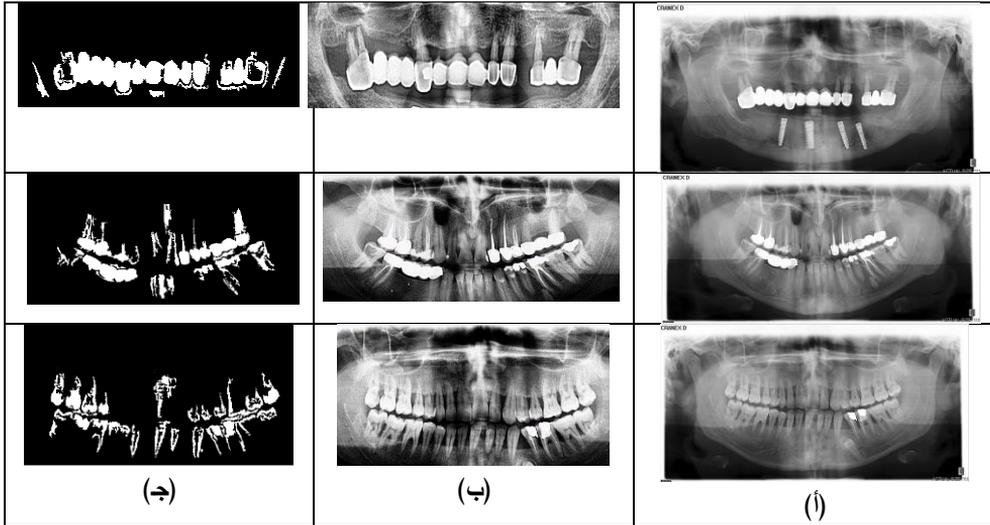


الشكل (5) اختبار طريقة تجزئة صور الأسنان الشعاعية بالاعتماد على تكرار خوارزمية السمات التجزئية (أ) الصورة الأصلية، (ب) صورة ROI للتكرار الأول من الخوارزمية، (ج) ناتج التجزئة للتكرار الأول من الخوارزمية، (د) صورة ROI للتكرار الثاني من الخوارزمية، (هـ) ناتج التجزئة للتكرار الثاني من الخوارزمية

3-4 نتائج تجزئة صور قاعدة البيانات باستخدام البعد التجزئي:

تظهر الصور في الشكل (6) نتائج عملية التجزئة لبعض صور قاعدة البيانات باستخدام البعد التجزئي.





الشكل (6) ناتج تجزئ عدد من صور قاعدة البيانات بالاعتماد على خوارزمية البعد التجزئ:

(أ) الصورة الأصلية، (ب) صورة ROI، (ج) الصورة الناتجة عن التجزئ

3-5 إحصائيات نتائج عملية التجزئ باستخدام الخوارزميات الثلاثة على قاعدة بيانات الصور الشعاعية

يبين الجدول (1) نتائج عملية التجزئ للخوارزميات الثلاثة على صور قاعدة البيانات، في حين يتضمن الجدول (2) مقارنة زمنية بينها.

الجدول (1) نتائج عملية التجزئ للخوارزميات الثلاثة على صور قاعدة البيانات.

عدد الصور المستخدمة في الاختبار	عدد الصور التي نجحت في عملية التجزئ بخوارزمية البعد التجزئ	عدد الصور التي نجحت في عملية التجزئ بخوارزمية السمات التجزئية	عدد الصور التي نجحت في عملية التجزئ بخوارزمية السمات التجزئية بطريقة التكرار
50	47	40	42
نسبة التجزئ في خوارزمية البعد التجزئ	نسبة التجزئ في خوارزمية السمات التجزئية	نسبة التجزئ في خوارزمية السمات التجزئية بطريقة التكرار	نسبة التجزئ في خوارزمية السمات التجزئية بطريقة التكرار
94 %	80%	84%	

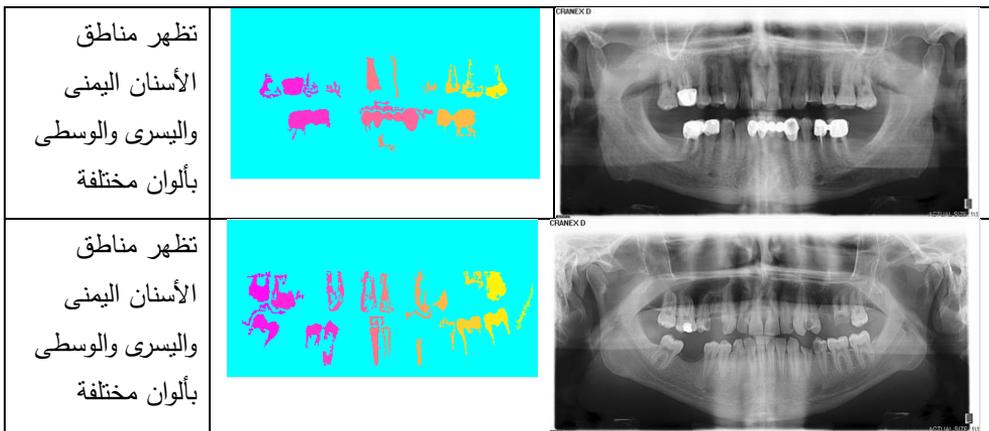
الجدول (2) مقارنة زمنية بين طرق التجزيء الثلاثة.

الزمن اللازم لتجزئ صورة واحدة في خوارزمية السمات التجزيئية بطريقة التكرار	الزمن اللازم لتجزئ صورة واحدة في خوارزمية السمات التجزيئية	الزمن اللازم لتجزئ صورة واحدة في خوارزمية البعد التجزيئي
0.543 s	0.269 s	4.134 s

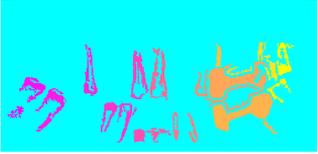
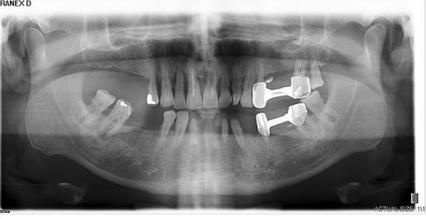
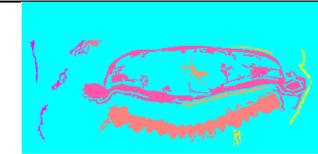
يمكن أن نلاحظ من النتائج الموضحة في الجدول (1) أن عملية التجزيء باستخدام البعد التجزيئي أعطت النتائج الأفضل من حيث نسبة التجزيء لكنها تستغرق وقتاً أطول من طريقة استخلاص السمات التجزيئية.

3-6 نتائج مرحلة Post-Processing على مجموعة بيانات الصور

تتضمن مرحلة Post processing عملية تلوين الصورة الناتجة عن مرحلة التجزيء بألوان لجعل المناطق الناتجة عن التجزيء أوضح، وجعل قرار الطبيب على الصورة أفضل، حيث تتيح عملية التلوين توضيح مناطق لم تكن واضحة تماماً في الصورة العادية، كما أنها تسمح بتمييز أجزاء الصورة عن بعضها. يوضح الشكل (7) نتائج عملية المعالجة اللاحقة Post Processing لعدد من الصور الناتجة عن عملية التجزيء مع التعليق الطبي على كل منها.



تجزية صور الأسنان الشعاعية باستخدام الهندسة التجزئية

<p>تظهر منطقة الترميمات بلون برتقالي مختلف عن باقي مناطق الأسنان</p>		
<p>مناطق الترميمات ظاهرة بشكل واضح ومجمع، مناطق التصبغات واضحة باللون البرتقالي (اليمين) والزهري (اليسار)</p>		
<p>ضرس العقل بالجهة اليمينية (لون أصفر) الجهة اليسارية (زهري غامق)</p>		
<p>جسر سفلي باللون الأحمر</p>		
<p>نمو غير طبيعي للأسنان (اللون الأصفر على اليمين والزهري على اليسار حيث تظهر التشوهات)</p>		
<p>(د)</p>	<p>(ب)</p>	<p>(أ)</p>

الشكل (7) نتائج عملية المعالجة اللاحقة Post Processing لعدد من الصور الناتجة عن عملية التجزئة: (أ) الصورة الأصلية، (ب) ناتج عملية التجزئة مع التلوين، (ج) التعليق الطبي على النتيجة

3-7 تقييم أداء الخوارزميات المقترحة:

لمقارنة أداء الخوارزميات المقترحة بشكل أكثر دقة وتفصيلاً، تم استخدام معاملات الأداء والتي تعتمد في معادلاتها على الآتي:

العدد الكلي للمناطق المهمة (الأسنان - الترميمات - التشوهات في الأسنان...).

الرفض الخاطئ في عملية التجزئة (False Negatives (FN): عدد مناطق الأسنان التي لم يتم كشفها.

القبول الخاطئ في عملية التجزئة (False Positives (FP): عدد المناطق الإضافية التي تم كشفها خلال عملية التجزئة والتي لا تمثل مناطق مهمة (أسنان).

جميع هذه الإحصائيات موضحة في الجدول (3).

الجدول (3) إحصائيات العدد الكلي والرفض الخاطئ والقبول الخاطئ لخوارزميات التجزئة.

العدد الكلي لعينات الأسنان	الطريقة	عدد المناطق التي لم يتم كشفها FN	عدد المناطق الإضافية لا تمثل أسنان FP
1100	التجزئة باستخدام السمات التجزئية	300	400
	التجزئة باستخدام تكرار طريقة السمات التجزئية	200	135
	التجزئة باستخدام البعد التجزئي	150	90

وبالاعتماد على الإحصائيات الموضحة في الجدول (3) تم استنتاج قيم معدلات القبول الصحيح (True Acceptance Rate (TAR) والقبول الخاطئ (False Acceptance Rate (FAR) والرفض الصحيح (True Rejection Rate (TRR) والرفض الخاطئ

False Rejection Rate (FRR) للطرق الثلاث، وبالاعتماد عليها تم حساب معدل الخطأ الوسطي وفق العلاقة (8).

$$EER = 0.5 * (FAR + FRR) \quad (8)$$

والنتائج موضحة في الجدول (4).

الجدول (4) نتائج معايير الأداء لطرق التجزئ الثلاثة.

الدقة Accuracy	الخطأ الوسطي EER	الخطأ الناتج عن كشف مناطق إضافية لا تمثل أسنان FAR	الخطأ الناتج عن الفشل في كشف بعض مناطق الأسنان FRR	الطريقة
68.5%	0.315	0.36	0.27	التجزئ باستخدام السمات التجزئية
86.5%	0.135	0.12	0.18	التجزئ باستخدام تكرار طريقة السمات التجزئية
90%	0.1	0.08	0.13	التجزئ باستخدام البعد التجزئي

يمكن أن نلاحظ من الجدول (4) أنَّ طريقة التجزئ بالاعتماد على البعد التجزئي أعطت أعلى دقة تجزئ وأقل قيمة خطأ وسطي مما يؤكد دقة وصحة نتائج التجزئ السابقة.

3-7-1 التقييم الزمني للخوارزميات المقترحة

يوضح الجدول (5) مقارنة زمنية بين الخوارزميات المقترحة.

الجدول (5) مقارنة زمنية بين الخوارزميات الثلاثة المقترحة.

الزمن اللازم لتجزية صورة واحدة في خوارزمية السمات التجزئية بطريقة التكرار	الزمن اللازم لتجزية صورة واحدة في خوارزمية السمات التجزئية	الزمن اللازم لتجزية صورة واحدة في خوارزمية البعد التجزئي
0.543 s	0.269 s	4.134 s

ومن الجدول يمكن أن نستنتج أنّ خوارزمية البعد التجزئي استغرقت زمناً أطول من الخوارزميات الأخرى. والسبب يعود إلى الزمن اللازم لنقل الصورة إلى البعد التجزئي.

3-7-2 مناقشة النتائج:

تم في البحث الحالي تجزئة صور الأسنان باستخدام الهندسة التجزئية Fractal Engineering، وتم اعتماد طريقة واحدة تستخدم البعد التجزئي وطريقة أخرى تعتمد السمات التجزئية وطريقة ثالثة تعتمد تكرار خوارزمية السمات التجزئية. تم تطبيق الخوارزميات على قاعدة بيانات مؤلفة من 50 صورة شعاعية بانورامية للأسنان.

بينت النتائج التي تم التوصل إليها أن أفضل طريقة لتجزئة الأسنان كانت طريقة البعد التجزئي Fractal Dimension والتي تفوقت على طريقة تجزئة الأسنان بالاعتماد على السمات التجزئية بمقدار 21.5% وبمقدار 3.5% عن خوارزمية السمات التجزئية المكررة.

لدى تكرار خوارزمية السمات التجزئية تحسن الأداء بمقدار 18% عن الخوارزمية الأصلية والسبب في ذلك يعود لأن عملية التكرار تصحح أخطاء تجزئة التكرار الأول وترتكز على مناطق الأسنان تماماً.

حققت خوارزمية البعد التجزئي خطأ تجزئي أصغري 0.1 متفوقة على خوارزمية السمات التجزئية والتي حققت معدل خطأ تجزئي 0.315 وعلى الخوارزمية المكررة التي حققت معدل خطأ 0.135. على الرغم من أن خوارزمية البعد التجزئي حققت أعلى دقة مقارنة بالخوارزميات الأخرى ومعدل خطأ هو الأقل، إلا أن زمن تنفيذ الخوارزمية كان

الأعلى. يوضح الشكل (8) ناتج تجزئ صورة شعاعية بانورامية للأسنان، مع ناتج تلوين نتيجة التجزئ.



(أ)



(ب)

الشكل (8) ناتج عملية التجزئ والتلوين لصورة شعاعية: (أ) الصورة الرمادية، (ب) ناتج التجزئ الملون

نلاحظ أن الفائدة من عملية التجزئ والتلوين تبين في توضيح مكان التشوهات، ضرر العقل، الحشوات أو الترميمات في الأسنان.

تم التحقق من صحة النتائج من خلال عرض نتائج التجزئ على طبيب أسنان مختص وقد أكد الطبيب جودة وفائدة النتائج المقدمة من البحث وإمكانية استخدامها كبرنامج مساعد له في العيادة الطبية.

4- الاستنتاجات والتوصيات:

أهم الاستنتاجات التي يمكن التوصل إليها من خلال البحث الحالي هي:

- يمكن توظيف الهندسة التجزئية في عملية تجزئ صور الأسنان نظراً لما تتمتع به مناطق الأسنان من خصائص متشابهة مثل مناطق التصبغات والترميمات والالتهابات الخ....

- أعطت خوارزمية البعد التجزيئي دقة تجزيء أفضل من خوارزمية السمات التجزيئية كما أنتجت معدلات خطأ أقل.
- أعطت خوارزمية البعد التجزيئي زمناً أعلى من خوارزمية السمات التجزيئية في عملية التجزيء.

أهم التوصيات التي يوصى بها البحث:

- دمج خوارزمية البعد التجزيئي مع خوارزمية استخلاص السمات التجزيئية بطريقة تستغل الوقت وتحافظ على الدقة.
- زيادة حجم قاعدة البيانات من خلال التنسيق مع مشافي وزارة التعليم العالي من أجل استحصال صور قواعد بيانات.
- الاستفادة من ناتج تجزيء صور الأسنان في بناء وتصميم نظام تشخيص طبي لمعالجة الأسنان أو لمساعدة الطبيب في تحديد التشخيص والعلاج.
- استخدام النظام المصمم في العيادات الطبية السنية من أجل المساعدة في العلاج والتشخيص.

المراجع:

1. Thomas M. Lehmann, Claudia G. Donner, and Klaus Spitzer, "Survey: Interpolation Methods in Medical Image Processing", IEEE transactions on medical imaging, Vol. 18, No. 11, november 1999. IEEE.
2. Nayak SR, Mishra J. An improved method to estimate the fractal dimension of colour images. Perspectives in Science. Sep 1;8:412-6, 2016.
3. Rad AE, Rahim MS, Kumoi R, Norouzi A. Dental x-ray image segmentation and multiple feature extraction. Global Journal on Technology, pp:188-197, 2013 Mar 31;2.
4. Amer YY, Aqel MJ. An efficient segmentation algorithm for panoramic dental images. Procedia Computer Science. Jan 1; pp:718-725, 2015.
5. Patanachai, N., Covavisaruch N. and Sinthanayothin, C. "Wavelet transformation for dental X-ray radiographs segmentation technique", 8th International Conference on ICT and Knowledge Engineering, IEEE, PP, pp:103 – 106, 2010.
6. Lira, P., Giraldi, G., Gilson, Neves, L. and Feijoo, R. "Dental R-Ray Image Segmentation Using Texture Recognition," Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), Vol. 12, No. 4, 2014.
7. Kaur J, "DENTAL IMAGE SEGMENTATION USING PSO BASED CLUSTERING ALGORITHM FOR DENTAL IMAGES", International Journal of Applied Engineering and Technology, Vol. 6 (1), 2016.
8. Geetha V, Aprameya KS. Textural analysis based classification of digital X-ray images for dental caries diagnosis. Int J Eng Manuf (IJEM), 9(3):44-5, 2019.
9. Yasar F, Akgunlu F. Fractal dimension and lacunarity analysis of dental radiographs. Dentomaxillofacial radiology; 34(5), pp:261-267, 2005.

10. Peter Gerl, Carola Schönlieb, Kung Chieh Wang, 2004, The Use of "Fractal Dimension in Arts Analysis", HarFA - Harmonic and Fractal Image Analysis, pp. 70 – 73, 2004.
11. Jian Li a, Qian Dub,*, Caixin Sun, "An improved box-counting method for image fractal dimension estimation", Pattern Recognition, pp:2460 – 2469, 2009.
12. Saii M, Ahmad W, "Digital Image Processing", Tishreen University, 2013.
13. Mayya A., & Saii, M. Iris and Palmprint Decision Fusion to Enhance Human Recognition. International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST), 5, 2017, pp: 42-46.
14. Mayya A, Saii M. Evaluation of Feature Selection of The best features in enhancing the performance of palm print Recognition. Al-Baath University, 38(21), 2017, pp: 95-120.
15. <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/37933-alceufc-sfta>, last access 10-5-2018.

