مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(8) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (8) 2022

تحسين أداء نظام استرجاع الصور اعتماداً على المحتوى

د. ماهر إبراهيم *

م. نغم عزت فاضل **

(تاريخ الإيداع 6/26 /2022 . قُبِل للنشر في 11 /9/2022)

□ ملخّص□

يزداد تعقيد محتوى الوسائط المتعددة وخاصة الصور، حيث يتم تحميل ملايين الصور يومياً إلى أرشيفات مختلفة، بالتالي يُعد البحث عن الصور واسترجاعها مشكلة بحث صعبة. يتم الاعتماد على الطريقة التقليدية اليدوية للبحث عن الصور في قاعدة البيانات باستخدام الوصف النصي للمعلومات، حيث تعتبر هذه الطريقة غير عملية بسبب إمكانية الوصف النصي الخاطئ للصور، مما يؤدي إلى عدم الدقة أثناء عملية الاسترجاع وإهدار الكثير من الجهد والوقت. ظهرت أنظمة استرجاع الصور اعتماداً على المحتوى (CBIR) لحل مشكلة القيود التي تواجهها أنظمة استرجاع الصور القائمة على البيانات الوصفية، إذ أنها تمكنت من البحث عن الصور ضمن كمية هائلة من الصور بشكل سريع وفعّال بناءً على استخراج ميزات الصورة مثل التركيب أو اللون أو الشكل.

لقد قيدت أنظمة CBIR المتاحة اليوم الكفاءة بسبب محدودية الميزات المستخرجة، لذلك العديد من الدراسات تتجه إلى تحسين أداء أنظمة استرجاع الصور ذات الصلة بصورة محددة من قواعد بيانات الصور الكبيرة. ركز هذا البحث على تحسين أداء نظام استرجاع الصور بالاعتماد على استخراج ميزات قوية ومهمة تتضمن ميزات اللون والتركيب والشكل لوصف محتوى الصورة.

اقترح هذا البحث منهجية لزيادة أداء نظام استرجاع الصور في قاعدة بيانات صور WANG التي تحتوي على 1000 صورة ملونة، بتقديم آلية بحث عن الصور متسلسلة على مستويين بحيث تم دمج ميزات اللون والتركيب عبر تجميع كافة الخصائص المستخرجة لتشكيل متجه ميزات واحد في المستوى الأول ثم تم الانتقال إلى المستوى الثاني لاستخراج ميزة الشكل للصور الناتجة المسترجعة عن المستوى الأول.

الكلمات المفتاحية: أنظمة استرجاع الصور القائمة على المحتوى، مستويين، متجه، ميزات اللون، الشكل، التركيب، أداء، قاعدة بيانات

* مدرس في قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات –كليّة هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات –جامعة طرطوس –سوريا

** طالبة ماجستير– قسم هندسة تكنولوجيا المعلومات –كليّة هندسة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات –جامعة طرطوس –سوريا

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(8) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (8) 2022

Optimizing the performance of the image retrieval system based on the content

Dr. Maher Ibrahim*
Eng. Nagham Azzat Fadel**

(Received 26/6/ 2022 . Accepted 11/9/ 2022)

□ ABSTRACT

The complexity of multimedia content, especially images, is becoming increasingly complex, as millions of images are uploaded daily to different archives, so image search and retrieval is a difficult search problem. The traditional manual methods of searching for images in databases are relied on using the text description of the information. This methods are considered impractical because of the possibility of wrong textual description of the images, which leads to inaccuracies retrieval process and a waste of a lot of effort and time. Content-Based Image Retrieval (CBIR) systems emerged to solve the problem of limitations faced by metadata-based image retrieval systems, as they were able to quickly and efficiently search for images within a huge amount of images based on extracting image features such as texture, color or shape.

The CBIR systems available today have restricted efficiency due to the limitations of extracted features; so many studies are directed towards improving the performance of image-specific retrieval systems from large image databases. This paper focused on improving the performance of the image retrieval system based on the extraction of powerful and important features including color, texture, and shape features to describe the image content.

This research suggested a methodology to increase the performance of the image retrieval system in the WANG image database that contains 1000 color images, by providing a sequential image search mechanism at two levels where the color and texture features were combined to by aggregating all the extracted properties in a single feature vector in the first level and then moved to the second level to extract the shape feature of the images the resultant retrieved from the first level.

Key words: Content-Based Image Retrieval systems, Two-level, Vector, Color features, Shape, Texture, Performance, Database

* Teacher, Information Technology Engineering Department, Information and communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.
** Student Master, Information Technology Engineering Department, Information and communication Technology Engineering, Tartous University, Syria.

1- مقدمة:

تُشكل الصور الرقمية جزءاً كبيراً من بيانات الوسائط المتعددة. في السنوات القليلة الماضية، تم تحميل ملايين الصور في أرشيفات وقواعد بيانات مختلفة [1].

تسترجع معظم محركات البحث الصور على أساس الأساليب التقليدية القائمة على النصوص والتي تعتمد على التسميات التوضيحية والبيانات الوصفية. في النهاية وعلى مدار عقدين من الزمن، بدأت أبحاث مستفيضة لاسترجاع الصور القائمة على المحتوى الهادفة إلى تحسين أداء النظام ودقة النتائج من خلال التركيز على استخراج الميزات منخفضة المستوى وفق تقنيات مختلفة [2].

تهدف أنظمة استرجاع الصور اعتماداً على المحتوى إلى البحث عن صور مماثلة وإيجادها استناداً إلى محتواها، حيث يتم وصف محتوى الصورة بطريقة فعالة من خلال ثلاث أنواع من الميزات هي ميزة اللون (Color)، ميزة التركيب (Texture)، وميزة الشكل (Shape) [3].

اقترحت الدراسة [4] طريقة تزيد من أداء النظام من خلال الجمع بين ميزات اللون والتركيب كمتجه واحد للميزات، حيث تعتمد الطريقة على استخدام تقنية HSV (Hue, Saturation, Value) color histogram لاستخراج ميزة اللون واستخدام تقنية efficient Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) and Discrete Wavelet Transform (DWT) لاستخراج ميزة التركيب لصور قاعدة البيانات، ثم تشكيل متجه الميزات (اللون + التركيب). طبقت الطريقة المقترحة على صورة استعلام تعود لفئة الطعام من قاعدة بيانات الصور WANG المكونة من 10 فئات وكل فئة 100 صورة. تم قياس التشابه بين صورة الاستعلام وصور قاعدة البيانات باستخدام المسافة الإقليدية، حيث أظهرت نتائج محاكاة المنهجية أن متوسط صحة (Accuracy) الاسترجاع 0,77.

2- هدف البحث:

نظراً للعدد المتزايد من الصور ذات الأنواع المختلفة، فإن أنظمة استرجاع الصور من المحتوى لا تزال بحاجة إلى مزيد من الجهد البحثي لاستبدال أنظمة الاستعادة الموجودة حالياً بأنظمة أكثر فعالية من حيث دقة الاسترجاع [2].

يكمن الهدف من البحث في بناء نظام استرجاع صور قائم على المحتوى CBIR مكون من مستويين، قادر على زيادة دقة استرجاع الصور بالتالي تحسين أساليب البحث والاسترداد من قواعد بيانات الصور الكبيرة الحجم باستخراج ثلاث ميزات مرئية منخفضة المستوى بأعلى دقة ممكنة.

3- مواد وطرق البحث:

بدأ البحث بإجراء دراسة مرجعية عن أنظمة استرجاع الصور اعتماداً على المحتوى والتقنيات المستخدمة في استخراج خصائص الصور، ومقاييس التشابه بين صورة الاستعلام وصور قاعدة البيانات لتجميع الصور الأكثر تشابهاً، بالإضافة إلى التحديات التي تواجه هذه الأنظمة من حيث الحصول على نتائج لاسترداد الصور ذات دقة عالية. اعتمدنا في الدراسة العملية على برنامج Matlab (R2020) لتصميم نظام استرجاع الصور اعتماداً على قاعدة بيانات صور ملونة تسمى WANG وهي قاعدة بيانات صور للأغراض العامة مكونة من 1000 صورة.

4- نظام استرجاع الصور اعتماداً على المحتوى Content Based Image Retrieval:

تعمل أنظمة CBIR على البحث عن جميع الصور المشابهة لصورة الاستعلام المقدمة من قبل المستخدم ثم استرجاع هذه الصور. تعتمد آلية عمل النظام على محتوى الصور، حيث يتم استخلاص الخصائص البصرية (اللون، التركيب، أو الشكل) ثم تخزينها على شكل معطيات Data [3]. يتكون نظام CBIR من عمليتين رئيسيتين هما استخراج الميزة ومطابقة التشابه. يظهر الرسم التخطيطي لآلية عمل نظام CBIR في الشكل (1). يعتبر استخراج الميزة هو أصعب مهمة في عملية الاسترجاع حيث تنطوي هذه المهمة على استخراج ميزات كبيرة من الصورة إلى درجة يمكن تمييزها. تتعلق مطابقة التشابه بمطابقة الميزات المستخرجة من صورة الاستعلام مع الميزات المستخرجة للصور المخزنة ضمن قاعدة بيانات للحصول على نتيجة متشابهة بصرياً. لذلك بالنسبة لصورة استعلام معينة، يتم استخراج متجه الميزة ثم إذا كانت مسافة التشابه بين متجه الميزة لصورة الاستعلام ومتجه الميزة لصور قاعدة البيانات صغيرة، فإن الصور المقابلة في قاعدة البيانات تعتبر مطابقة لطلب البحث. يعتمد الاسترجاع بشكل عام على التشابه بدلاً من المطابقة التامة ويتم ترتيب الصور المستردة اعتماداً على مؤشر التشابه [4].

الشكل (1): آلية عمل نظام CBIR

4-1- أهمية أنظمة استرجاع الصور اعتماداً على المحتوى:

تمتلك أنظمة CBIR العديد من الفوائد التي تجعلها ذات اهتمام متزايد من قبل الباحثين في السنوات الأخيرة، ومن أبرزها:

- نظام CBIR حل بديل لمحدودية أنظمة استرجاع الصور اعتماداً على النص، حيث لا يمكن التقاط المحتوى المرئي للصور مثل اللون أو التركيب أو الشكل.
- قدرة نظام CBIR على استخلاص الميزات البصرية وتخزينها تلقائياً في ظل تضخم قواعد بيانات الصور.
- قدرة نظام CBIR على البحث السريع واختصار الزمن مقارنة بالطرق التقليدية للبحث عن الصور.
- قدرة نظام CBIR على معالجة جميع حالات الصورة مثل تدوير الصورة، تغيير الاضاءة وغيرها.
- تتمتع أنظمة CBIR بفرص كبيرة في تطبيقات عديدة مثل الروبوت، التطبيقات الطبية، المراقبة، البحث العام عن الصور، الأمن، وغيرها الكثير.

4-2- مكونات نظام CBIR:

يوضح الشكل (2) المكونات الأساسية لأي نظام استرجاع صور اعتماداً على المحتوى [5]، حيث يتكون من 5 كتل أساسية وهي:

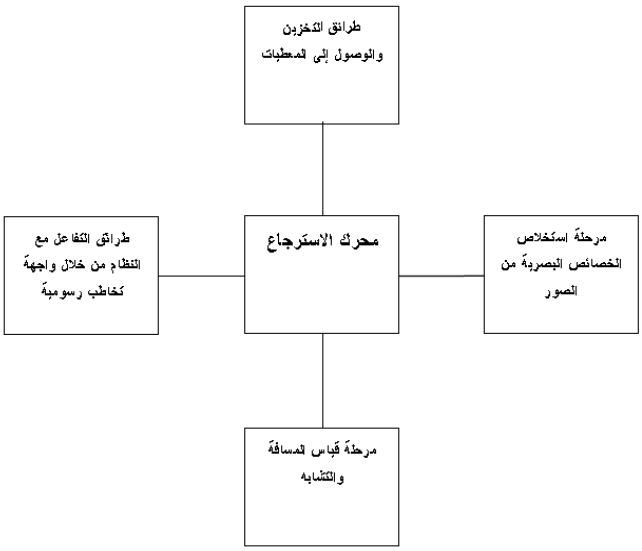
1- طرائق التخزين والوصول إلى المعطيات: تهدف هذه المرحلة إلى جمع المعطيات وتخزينها ضمن قواعد البيانات، بالإضافة الى تطبيق عدة عمليات معالجة على هذه المعطيات.

2- مرحلة استخلاص الخصائص البصرية من الصور: تهدف هذه المرحلة على اختيار الميزات المناسبة واستخراجها من الصور المخزنة ضمن قاعة البيانات مثل ميزات اللون، التركيب، والشكل.

3- مرحلة قياس المسافة والتشابه: تهدف هذه المرحلة الى المطابقة بين صورتين من حيث وجود تشابه بينهما أم لا وفق عدة طرائق مختلفة.

4- طرائق التفاعل مع النظام من خلال واجهة تخاطب رسومية: تسمح واجهة التخاطب الرسومية للمستخدم بالتفاعل مع النظام بسهولة، بحيث يمكن للمستخدم إنشاء استعلام للبحث عن صورة محددة، ثم الحصول على نتائج البحث واظهارها على الواجهة.

5- محرك الاسترجاع: يربط محرك الاسترجاع بين الكتل السابقة وينظم آلية عمل نظام استرجاع صور اعتماداً على المحتوى والتقنيات المستخدمة في إنشاء النظام.



الشكل (2): مكونات نظام CBIR

4-2-1- طرائق التخزين والوصول إلى المعطيات Storage and Access Methods:

معظم أنظمة CBIR تعتمد على جمع المعطيات ضمن قواعد بيانات كبيرة وفق أدوات فعالة لتخزين البيانات، حيث عملية جمع المعطيات هي عبارة عن تخزين مجموعة ضخمة من الصور في مجال معين (طبي، بصمات أصابع، غيرها). بعض أنظمة CBIR تحتوي على قاعدة بيانات للصور وقاعدة بيانات للميزات التي تم استخلاصها من الصور، حيث بعد جمع المعطيات، تخضع قاعدة المعطيات لعدة عمليات تتضمن [6]:

- التحقق من المعطيات image validation.
- تقييس الصور image normalization.
- التسجيل image registration.
- استخلاص الخصائص feature extraction.

4-2-2- مرحلة استخلاص الخصائص البصرية من الصور Visual Feature Extraction:

تتمثل أهم العوامل في عملية تصميم نظام CBIR في اختيار الميزات المرئية المناسبة [7]، حيث يوجد ثلاث أنواع من الخصائص البصرية التي تتضمن اللون، التركيب، والشكل. في CBIR، تلعب ميزات التركيب (Texture) دوراً مهماً للغاية في الرؤية الحاسوبية والتعرف على الأنماط، خاصة في وصف محتوى الصور حيث تتكون سمات التركيب عادةً من التباين (الاختلاف في ظل أو لون الأنماط المتكررة ضمن الصورة) والتوحيد (الاختلافات في إضاءة الصورة) والخشونة (الاختلافات في نعومة الأسطح) والكثافة (عدد الأنماط المتكررة ضمن الصورة).

ترجع أهمية ميزة التركيب إلى وجودها في العديد من صور العالم الحقيقي، حيث تشير إلى الأنماط المتكررة المستخدمة في الصور على سبيل المثال، السحب والأشجار والشعَر والرمل وغيرها. ميزات اللون (Color) هي ميزة بسيطة، حيث تميز بين الصور على أساس الاختلافات في الألوان، وتعتبر ميزة ثابتة أي إنها لا تتأثر بتغيير حجم الصورة واتجاهها. وأخيراً ميزات الشكل (Shape) تشير إلى شكل منطقة محددة من الصورة يتم البحث عنها أو حدود الصور [8].

4-2-3- مرحلة قياس المسافة والتشابه Measuring distance and similarity:

في هذه المرحلة يتم مطابقة الميزات المستخرجة (متجه الميزة لصورة الاستعلام ومتجه الميزة لصور قاعدة البيانات) للحصول على نتيجة متشابهة بصرياً. يوجد العديد من طرائق قياس التشابه بين صورتين مثل Canberra distances، Chebyshev، Manhattan، Euclidean [9].

4-2-4- طرائق التفاعل مع النظام من خلال واجهة تخاطب رسومية Graphic User Interface (GUI) Interaction:

يتم التواصل مع النظام عبر واجهة تخاطب رسومية، حيث تسمح الواجهة للمستخدم أن يقوم باختيار صورة الاستعلام المراد البحث عنها بالإضافة إلى عرض جميع الصور المسترجعة المشابهة لصورة الاستعلام. كما يمكن أن تحتوي واجهة التخاطب الرسومية على العديد من الخيارات الاخرى مثل عدد الصور المراد استرجاعها، اختيار مقياس التشابه وغيرها [5].

4-2-5- محرك الاسترجاع Retrieval Engine:

ترتبط جميع المكونات السابقة مع بعضها عبر محرك الاسترجاع الذي يعمل على التواصل مع المستخدم عبر واجهة التخاطب الرسومية لإدخال صورة الاستعلام ثم يعمل على استخلاص الخصائص البصرية لصورة الاستعلام ومطابقتها مع الخصائص البصرية للصور المخزنة ضمن قاعدة البيانات وفق مقياس التشابه محدد ثم ارجاع الصور الأكثر تشابهاً مع صورة الاستعلام [5].

5- الدراسة العملية:

تكمن الفكرة الرئيسية من البحث في كيفية تحسين أداء نظام CBIR وزيادة دقة النتائج عبر اقتراح آلية بحث عن الصور، تتمثل في بناء نظام CBIR متسلسل على مستويين باستخراج ميزات اللون والتركيب والشكل.

حيث تم في المستوى الأول دمج ميزات اللون والتركيب عبر استخراج الخصائص اللونية باستخدام تقنيتين هما HSV Color Histogram وColor Moments ثم استخراج خصائص التركيب باستخدام تقنيتين هما Wavelet Transform وGabor ثم تجميع كافة خصائص اللون والتركيب المستخرجة ضمن متجه ميزات واحد، أخيراً استخراج ميزة الشكل للصور الناتجة المسترجعة عن المستوى الأول باستخدام خوارزمية GoogLeNet. تم تطبيق نظام CBIR على قاعدة بيانات WANG من أجل تقييم النظام المقترح حيث تم استخدام 1000 صورة ملونة، وتم اختيار WANG لأن حجم قاعدة البيانات وتوافر معلومات الفئات يسمحان بتقييم الأداء واختبار النظام.

5-1- البيانات المستخدمة:

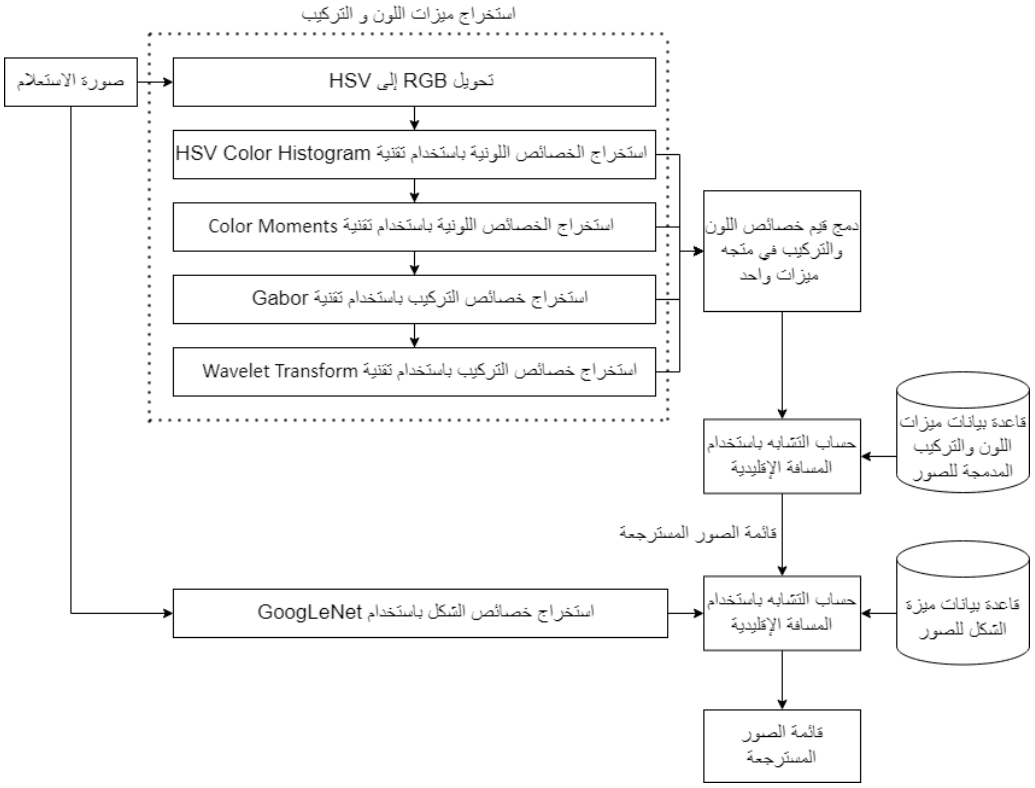
اعتُمد في هذا البحث على استخدام قاعدة بيانات صور ملونة تسمى WANG وهي قاعدة بيانات صور للأغراض العامة مكونة من 1000 صورة ملونة وموزعة على 10 فئات (أشخاص من قارة افريقيا، الشاطئ، الاثار، الحافلات، الديناصورات، الفيلة، الزهور، الخيل، الجبال، والطعام)، كل فئة تحتوي على 100 صورة، وكل صورة بحجم 256 × 384. تم استخدام قاعدة بيانات WANG على نطاق واسع لاختبار الميزات المختلفة. يتم عرض بعض الأمثلة على قاعدة بيانات صور WANG في الشكل (3) [1].

الشكل (3): قاعدة بيانات صور WANG

5-2- نظام CBIR المقترح والمطبق على البيانات:

يبين الشكل (4) المخطط العام لآلية عمل النظام المقترح لاسترجاع الصور اعتماداً على المحتوى، حيث يتكون النظام المقترح من الكتل التالية:

- صورة الاستعلام: يقوم المستخدم بإدخال الصورة المراد استرجاع جميع الصور ذات الصلة بها.
- تحويل RGB إلى HSV: تم تحويل الصورة من الفضاء اللوني RGB (Red, Green, Blue) إلى HSV، لأن يعتبر استخدام قيم HSV أكثر سهولة في عزل الألوان. يحدد hue (H) تدرج اللون، بينما تمثل saturation (S) مدى شدة اللون، وأخيراً يحدد value (V) قيمة إضاءة الصورة.
- استخراج الخصائص اللونية: يتضمن المستوى الأول من النظام المقترح استخراج الخصائص اللونية من صورة الاستعلام المقدمة من قبل المستخدم من خلال تطبيق تقنيتين هما HSV Color Histogram و Color Moments
- استخراج خصائص التركيب: يتضمن المستوى الأول من النظام المقترح استخراج خصائص التركيب من صورة الاستعلام المقدمة من قبل المستخدم من خلال تطبيق تقنيتين هما Wavelet Transform و Gabor
- دمج قيم خصائص اللون والتركيب: تم في المستوى الأول دمج قيم خصائص اللون والتركيب المستخرجة في المراحل السابقة في شعاع ميزات واحد
- قاعدة بيانات ميزات اللون والتركيب المدمجة للصور: تتضمن متجهات الميزات المدمجة المستخرجة من كل صورة في قاعدة البيانات WANG، حيث تم استخراجها بنفس تقنيات استخراج الميزات من صورة الاستعلام.
- حساب التشابه: تم استخدام قانون المسافة الإقليدية في المستوى الأول من أجل قياس التشابه بين متجه الميزات المدمجة لصورة الاستعلام ومتجه الميزات المدمجة لكل صورة مستهدفة في قاعدة بيانات ميزات اللون والتركيب المدمجة للصور، ثم استرجاع عدداً معيناً من أكثر الصور المتشابهة لصورة الاستعلام. أيضاً تم استخدام قانون المسافة الإقليدية في المستوى الثاني من أجل قياس التشابه بين متجه ميزة الشكل لصورة الاستعلام وتلك الخاصة بكل صورة مستهدفة في قاعدة بيانات ميزة الشكل للصور، ثم استرجاع قائمة الصور النهائية
- استخراج خصائص الشكل: يتضمن المستوى الثاني من النظام المقترح استخراج خصائص الشكل للصور الناتجة المسترجعة عن المستوى الأول من خلال تطبيق خوارزمية GoogLeNet
- قاعدة بيانات ميزة الشكل للصور: تتضمن متجهات لقيم خصائص الشكل المستخرجة من الصور الناتجة المسترجعة عن المستوى الأول، حيث تم استخراجها بنفس تقنيات استخراج خصائص الشكل من صورة الاستعلام.
- قائمة الصور المسترجعة: تحتوي القائمة النهائية للصور المسترجعة بعد انتهاء عمل المستوى الثاني، والتي يتم عرضها للمستخدم.



الشكل (4): آلية عمل النظام المقترح

يعمل النظام المقترح على البحث عن الصور في مستويين. تم دمج خصائص اللون والتركيب في المرحلة الأولية عن طريق تحويل الصورة من الفضاء اللوني RGB إلى HSV، ثم استخدام تقنيات HSV Color Histogram و Color Moments من أجل استخراج 5 خصائص للون (شدة اللون، تدرج اللون، إضاءة اللون، واللحظات اللونية المتمثلة في المتوسط و الانحراف المعياري لكل لون) و استخدام تقنيات Wavelet Transform و Gabor من أجل استخراج 4 خصائص للتركيب (اللحظات الأولى والثانية من معاملات wavelet المتمثلة في المتوسط و الانحراف المعياري، بالإضافة إلى معاملات gabor المتمثلة في متوسط الطاقة و متوسط السعة) من صورة الاستعلام، ثم تنفيذ عملية الدمج عبر تجميع كافة الخصائص السابقة المستخرجة ضمن متجه ميزات واحد، لتبدأ مرحلة البحث عن صور مشابهة واسترجاع الصور مرتبة وفق الأكثر تشابهاً. في المستوى الثاني، تم استخدام نفس قائمة الصور التي يتم توفيرها بواسطة المستوى الأول لاستخراج ميزة الشكل منها عبر خوارزمية GoogLeNet التي تعتمد على استخراج 1000 خاصية باستخدام طبقة تسمى loss3-classifier من طبقات الشبكة العصبية التلافيفيه العميقة GoogLeNet، ثم تم أخذ قائمة الاسترداد النهائية بعد المستوى الثاني والتي تظهر للمستخدم.

يقوم نظام CBIR بعد استخراج ميزات اللون والتركيب في المستوى الأول، بضم قيم الميزتين في شعاع متجه واحد، ثم يحسب التشابه وفق طريقة المسافة الإقليدية بين متجه الميزات المدمجة لصورة الاستعلام ومتجه الميزات المدمجة الخاصة بكل صورة مستهدفة في قاعدة بيانات الصور، ويسترجع عدداً معيناً من أكثر الصور المتشابهة للصورة المستهدفة. ثم يبدأ عمل المستوى الثاني، حيث يتم استخراج ميزة الشكل للصور الناتجة المسترجعة عن المستوى الأول، ويحسب التشابه وفق طريقة المسافة الإقليدية بين متجه ميزة الشكل لصورة الاستعلام وتلك الخاصة بكل صورة مستهدفة في قاعدة بيانات الصور، ويتم أخذ قائمة الاسترداد النهائية بعد المستوى الثاني، ثم يتم عرضها للمستخدم.

المنهجية المقترحة تعمل على استخراج الميزات من صور قاعدة البيانات WANG وتخزينها ضمن قاعدة بيانات الميزات، حيث يوجد لدينا قاعدة بيانات للمستوى الأول من أجل تخزين ميزات اللون والتركيب المدمجة المستخرجة من الصور، حيث تم اعتماد نفس تقنيات ونفس آلية استخراج ودمج ميزات اللون والتركيب المتبعة في صورة الاستعلام، بالإضافة إلى قاعدة بيانات للمستوى الثاني من أجل تخزين ميزات الشكل المستخرجة من الصور. في هذا البحث، تم استخدام تقنيات HSV Color Histogram و Color Momentsلاستخراج خصائص اللون، واستخدام تقنيات Wavelet Transform وGabor لاستخراج خصائص التركيب، حيث تم اختيار هذه التقنيات لأنها قوية ضد الضوضاء وتدوير الصور بالإضافة الى التعقيد الحسابي القليل [13]. أخيراً تم استخدام خوارزمية GoogLeNet لاستخراج خصائص الشكل، حيث GoogLeNet هي شبكة عصبية تلافيفيه عميقة لها أداء عالي في التغلب على تحديات التعرف البصري على الشكل [10]. تم استخدام مقياس المسافة الإقليدية لقياس التشابه بين صورتين، حيث يعطى قانون المسافة الإقليدية بين متجهي خصائص لصورتين وفق العلاقة التالية [11]:

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2} \qquad (1)$$

حيث:

- x,y: متجهي الخصائص للصورتين
- n: عدد الخصائص في المتجه

6- النتائج والمناقشة:

6-1- نتائج مقاييس الأداء:

تم تطبيق المنهجية المقترحة التي تم ذكرها في القسم السابق على قاعدة بيانات WANG. في التجربة، تم استخدام 50٪ من صور قاعدة البيانات من أجل الاختبار مع تكرار عملية الاختبار 5 مرات من أجل التأكد من جودة النتائج. اعتُمد في هذا البحث على تقييم أداء النظام وفق ثلاث مقاييس أداء تتضمن الصحة (Accuracy)، الدقة (Precision)، الاسترجاع (Recall) المعرفة وفق العلاقات الآتية [12]:

$$\text{Accuracy} = \frac{T_p+T_n}{T_p+T_n+F_p+F_n} \qquad (2)$$

$$\text{Precision} = \frac{T_p}{T_p+F_p} \qquad (3)$$

$$\text{Recall} = \frac{T_p}{T_p+T_n} \qquad (4)$$

حيث:

- True positive (T_p): تشير إلى عدد الحالات التي يتم تصنيفها بصنف إيجابي وبالحقيقة يكون الصنف الصحيح إيجابي

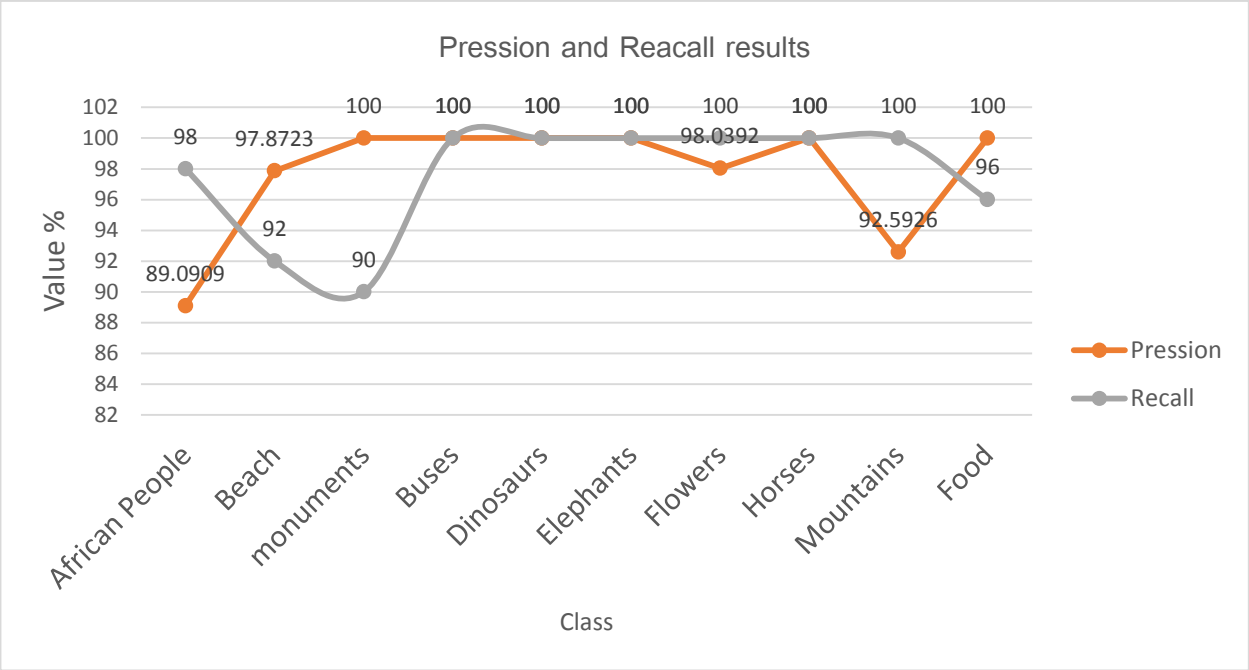
- True negative (T_n): تشير إلى عدد الحالات التي يتم تصنيفها بصنف سلبي وهي بالحقيقة صنف سلبي
- False positive (F_p): تشير إلى عدد الحالات التي يتم تصنيفها بصنف إيجابي وهي بالحقيقة صنف سلبي
- False positive (F_n): تشير إلى عدد الحالات التي يتم تصنيفها بصنف سلبي و هي بالحقيقة صنف إيجابي

يبين الجدول (1) نتائج مقاييس الأداء التي تم الحصول عليها، حيث بينت النتائج قدرة المنهجية المقترحة على استرجاع الصور بكفاءة عالية وبلغت قيمة متوسط دقة نتائج الاسترجاع 97.7%. يوضح الشكل (5) المقارنة بين نتائج Recall وPrecision، حيث نلاحظ من الشكل التناسب العكسي بين قيم المقياسين، فكلما كان عدد الصور المسترجعة ذات صلة بصورة الاستعلام كانت دقة النظام أعلى. توضح النتائج النهائية أن النظام المقترح حقق دقة عالية في البحث عن الصور في كل فئة من فئات قاعدة بيانات الصور WANG المستخدمة، حيث حققت المنهجية المقترحة أقل دقة للصور المسترجعة ضمن فئة الأشخاص بنسبة دقة 89.0909%، بينما بلغت دقة الاسترجاع في أغلبية الفئات 100%.

أيضاً يوضح الجدول أن صحة النتائج المسترجعة قد وصلت إلى 99% بسبب التركيز على استخدام ثلاث ميزات بالتالي القدرة على معالجة قاعدة بيانات الصور المستخدمة ذات الأغراض العامة بكفاءة عالية واستخراج جميع الخصائص التي تساعد في تصنيف و استرجاع الصور بشكل صحيح بنسبة تصل إلى97%.

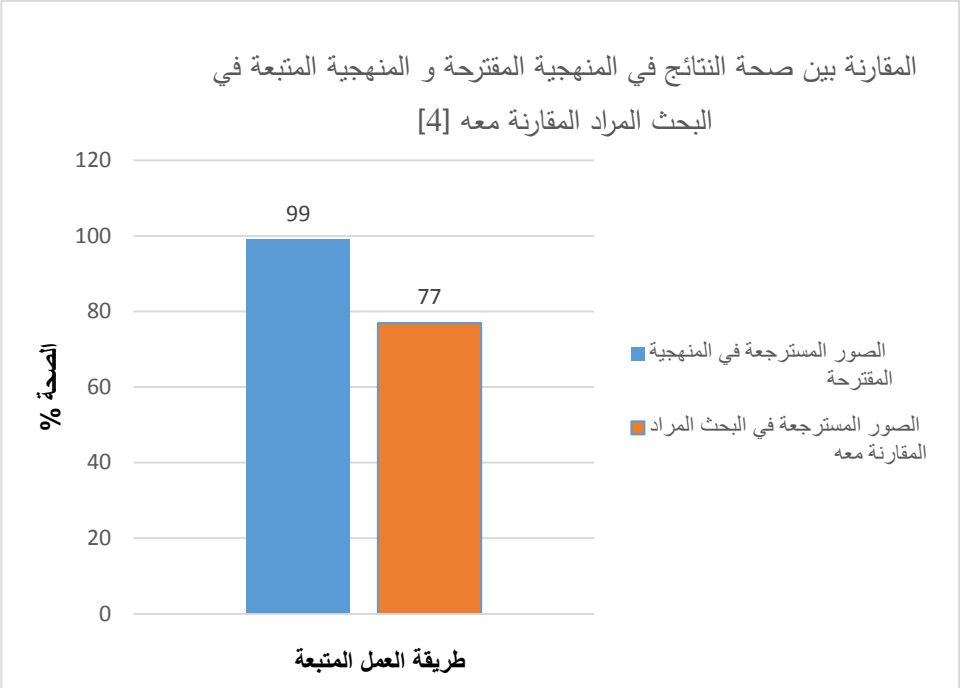
الجدول (1): نتائج مقاييس الأداء في النظام المقترح

Metric	African People	Beach	Monument	Buses	Dinosaurs	Elephants	Flowers	Horses	Mountain	Food
Recall	98	92	90	100	100	100	100	100	100	96
Precision	89.0909	97.8723	100	100	100	100	98.0392	100	92.5926	100
Accuracy	99%									



الشكل (5): منحني الاستدعاء – الدقة في النظام المقترح

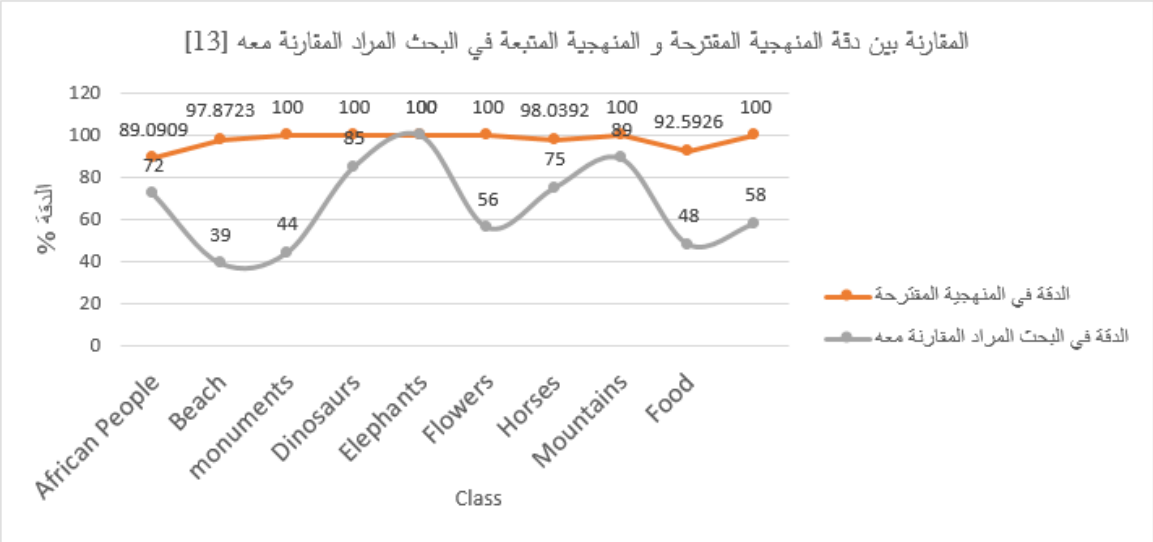
مبدأ عمل المستوى الأول من النظام المقترح مطبق في البحث المراد المقارنة معه [4]، الذي اعتمد على بناء نظام CBIR مكون من مستوى واحد، يدمج بين ميزات اللون والتركيب كمتجه ميزة واحدة وباستخدام نفس قاعدة بيانات ونفس مقياس التشابه. تعتمد آلية الاختبار في البحث المقارن معه على صورة استعلام واحدة تعود لفئة الطعام من قاعدة بيانات ال صور WANG المكونة من 10 فئات وكل فئة 100 صورة وأظهرت نتائج محاكاة المنهجية أن صحة الاسترجاع 77%، هذا يعني أن النتائج الموجودة في البحث [4] يمكن أن تعطي دقة أقل عند اختبار صورة أخرى، بالإضافة إلى تقييد كفاءة نظام CBIR لأنه اقتصر على استخراج ميزتين فقط رغم التعامل مع قاعدة بيانات للأغراض العامة. في هذا البحث تم اتباع صيغة مختلفة لاختبار النظام عبر استخدام 50 ٪ من صور قاعدة البيانات من أجل الاختبار مع تكرار عملية الاختبار 5 مرات والتركيز على استخدام ثلاث ميزات وكانت صحة الاسترجاع الناتجة 99%. يوضح الشكل (6) المقارنة بين البحثين من حيث النتائج النهائية للصحة (Accuracy).



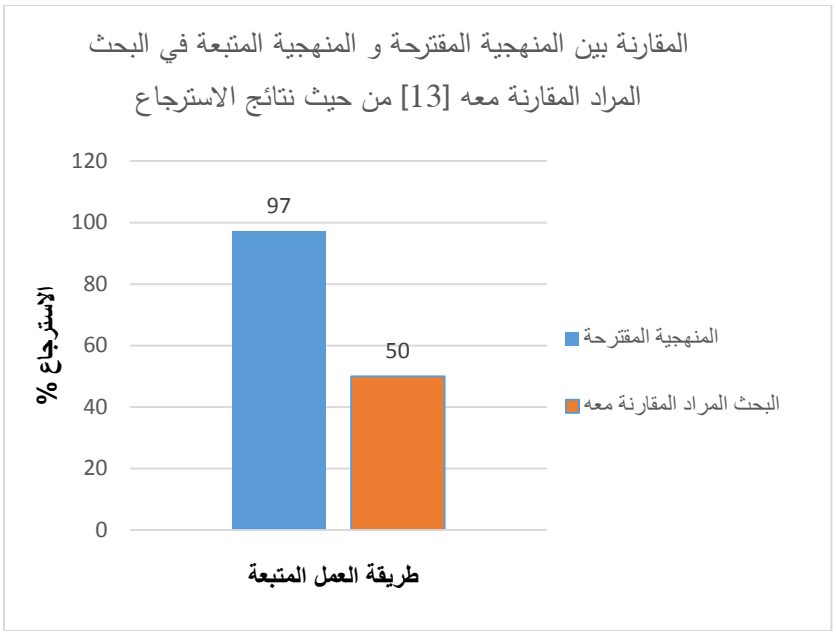
الشكل (6): المقارنة بين البحثين من حيث Accuracy

أيضاً، في بحث آخر [13] تم تطوير نظام CBIR بسيط من أجل تحقيق الدقة الكافية في تصنيف الصور باستخدام تقنية بحث مكونة من ثلاث مستويات للبحث عن الصور، حيث تم استخراج ميزة اللون في المستوى الأول باستخدام ثلاث تقنيات تتضمن Color Histogram و Color Coherence Vector و Color Moments وتخزين الخصائص المستخرجة ضمن قاعدة بيانات ميزة اللون، ثم تم استخراج ميزة التركيب في المستوى الثاني باستخدام ثلاث تقنيات تتضمن Gabor و Discrete Wavelet Transforms و Edge Orientation Histogram وتخزين الخصائص المستخرجة ضمن قاعدة بيانات ميزة التركيب، وأخيراً تم استخراج ميزة الشكل في المستوى الثالث باستخدام تقنيتين هما Generic Fourier Descriptor و Moment Invariant وتخزين الخصائص المستخرجة ضمن قاعدة بيانات ميزة الشكل. اعتمد البحث على اختبار النظام باستخدام قاعدة البيانات WANG، ثم قياس الأداء باستخدام مقياسين هما الاسترجاع والدقة، حيث أظهرت النتائج أن متوسط دقة النظام 0.666، مع دقة تصل إلى حوالي 50٪ عند استدعاء 50٪. يعاني النظام في البحث المقارن معه [13] من الأحجام الكبيرة التي تحتاجها قواعد بيانات الصور الناتجة، بالإضافة إلى أن لبعد الميزة وترابط الميزة وقيم الميزات تأثير سلبي على أداء الاسترجاع. يوضح الشكل (7) المقارنة بين البحثين من حيث النتائج النهائية للدقة (Precision)، حيث يبين الشكل تفوق النظام المقترح في تحقيق دقة أعلى بكثير من النظام في البحث [13]. بالإضافة إلى تفوق النظام المقترح من حيث قيمة الاسترجاع حيث وصل معدل الاسترجاع الصحيح في النظام المقترح إلى 97% بينما في البحث المقارن معه وصل إلى 50% فقط كما موضح في الشكل (8). اقترح بحث آخر [1] تحسين دقة نظام CBIR باستخدام آلية بحث مكونة من مستوى واحد تعتمد على دمج ميزات اللون والتركيب. المنهجية المقترحة تعتمد على استخدام ثلاث تقنيات تتضمن Gray Level Co-Occurance Matrix و Local Binary Pattern و Discret Wavelet Transform، هذه التقنيات تعمل على استخراج معلومات اللون والتركيب من الصورة ثم دمجهم ضمن متجه ميزات واحد. اعتمد البحث [1] على اختبار النظام باستخدام قاعدة البيانات WANG، ثم قياس الأداء باستخدام

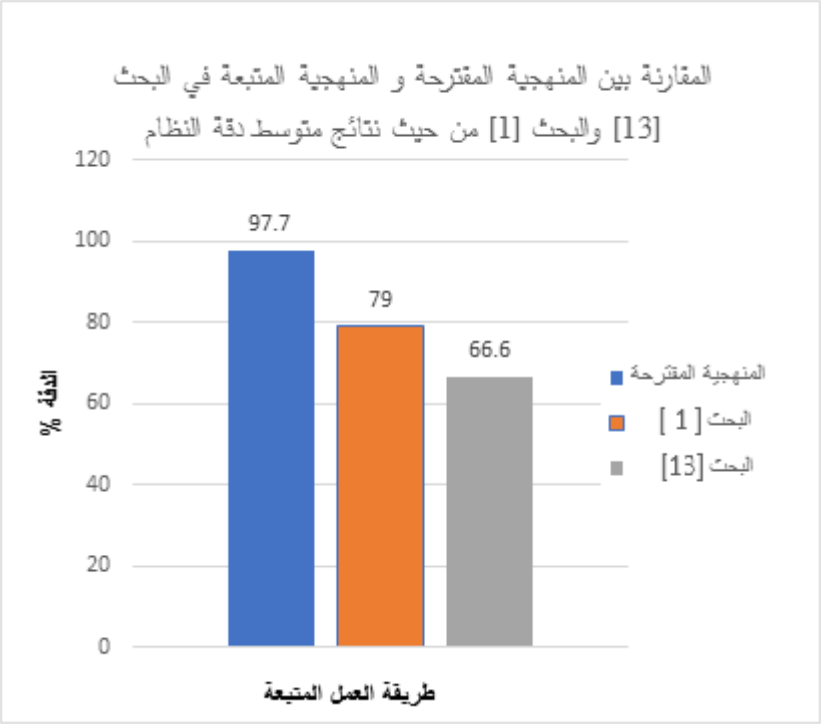
مقياس دقة النظام، حيث أظهرت النتائج أن متوسط دقة النظام 0.79. يعاني النظام في البحث المقارن معه [1] من انخفاض في مستوى الدقة وذلك بسبب الاكتفاء باستخراج ميزتين فقط رغم التعامل مع قاعدة بيانات للأغراض العامة، يوضح الشكل (9) المقارنة بين الأبحاث من حيث النتائج النهائية لمتوسط الدقة (Precision)، حيث يبين الشكل تفوق النظام المقترح في تحقيق دقة أعلى بكثير من النظام في البحث [13] والبحث [1].



الشكل (7): المقارنة بين البحثين من حيث Precision



الشكل (8): المقارنة بين البحثين من حيث Recall



الشكل (9): المقارنة بين الأبحاث من حيث متوسط الدقة (Precision)

7- الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا خلال هذا البحث بتحسين أداء نظام CBIR مكون من مستويين لاسترجاع الصور من خلال دمج ميزة اللون وميزة التركيب في المستوى الأول عبر تجميع كافة الخصائص المستخرجة ضمن متجه ميزات واحد، بينما المستوى الثاني يعتمد على استخراج ميزة الشكل. يمكن أن نلخص الاستنتاجات التي توصلنا إليها في النقاط التالية:

- زيادة أداء نظام استرجاع الصور المطبق في قواعد بيانات الصور الرقمية أو الارشيفات.
- سرعة عمليات البحث عن الصور في قواعد بيانات الصور الكبيرة الحجم.
- تحسين عمليات التحليل في مجالات مختلفة تشمل تحليل الصور الطبية والتعرف على الوجوه.
- تحسين دقة نتائج نظام استرجاع الصور بالاعتماد على استخراج ميزات مرئية منخفضة المستوى ومن خلال مستويين فقط.
- يعتبر النظام المقترح بديل فعّال لأنظمة استرجاع الصور اعتماداً على الوصف النصي بالإضافة إلى أنظمة CBIR الأخرى الحديثة.

يمكن تلخيص التوصيات في النقاط التالية:

- استخدام خصائص إضافية مثل الخصائص النصيّة text-based features، كأن يأخذ بعين الاعتبار الكلمات المفتاحية keywords.
- ربط النظام المقترح مع قواعد بيانات في مجالات محددة مثل المجال الطبي.

8- المراجع:

[1] AL-JUBOURI, H. A. 2020, *Integration Colour and Texture Features for Content-based Image Retrieval*. *International Journal of Modern Education & Computer Science*, Vol. 12, No.2.

[2] ZOPE, S.; PATIL, D. D. 2020, *A Review on CBIR Analyzing Various Feature Extraction Techniques and Distance Metrics*.

[3] SALAU, A. O.; JAIN, S. 2019, *Feature extraction: a survey of the types, techniques, applications*. *International Conference on Signal Processing and Communication (ICSC)*, 158-164.

[4] ATLAM, H. F.; ATTIYA, G.; EL-FISHAWY, N. 2017, *Integration of color and texture features in CBIR system*. *Int. J. Comput. Appl*, Vol. 164, No. 3, 23-29.

[5] ABRAHAM, A.; RODRÍGUEZ, J. M. C.; GONZÁLEZ, S. R.; DE PAZ SANTANA, J. F. 2011, *International symposium on distributed computing and artificial intelligence*. *Springer Science & Business Media*, Vol. 91.

[6] YUAN, K.; TIAN, Z.; ZOU, J.; BAI, Y.; YOU, Q. 2011, *Brain CT image database building for computer-aided diagnosis using content-based image retrieval*. *Information processing & management*, Vol. 47, No. 2, 176-185.

[7] KASHIF, M.; RAJA, G.; SHAUKAT, F. 2020, *An efficient content-based image retrieval system for the diagnosis of lung diseases*. *Journal of digital imaging*, Vol. 33, No. 4, 971-987.

[8] MALODE, P.; GUMASTE, S. V. 2015, *A review paper on content based image retrieval*. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. 2, No. 9, 883-885.

[9] BATTULA, V.; AMBATI, S. 2018, *Evaluation of images using various distance metrics*. *Int. J. Engi. Res. and Appli*, Vol. 8, 29-34.

[10] JAAFRA, Y.; LAURENT, J. L.; DERUYVER, A.; NACEUR, M. S. 2018, *A review of meta-reinforcement learning for deep neural networks architecture search. arXiv preprint arXiv:1812.07995.*

[11] AKHILA, T. S. 2022, *Content-Based Image Retrieval Using Multilevel Robust Mechanism*.

[12] SUTOJO, T.; TIRAJANI, P. S.; SARI, C. A.; RACHMAWANTO, E. H. 2017, *CBIR for classification of cow types using GLCM and color features extraction*. *International conferences on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, 182-187.

[13] CHATHURANI, N. 2017, *Content-Based Image Retrieval with Image Signatures*. *Diss. Queensland University of Technology*, 1–89.