مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(7) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (7) 2022

التعرف على الوجوه باستخدام المنحنيات الدائرية الفعالة (ECC)

د. منهل صالح المحمد*

(تاريخ الإيداع 2021/7/8 . قُبِل للنشر في 2022/7/7)

□ ملخّص□

في الوقت الحاضر، تعطي المجتمعات الحديثة أهمية للأنظمة التي تساهم في زيادة الأمن والموثوقية، وذلك بسبب الإرهاب والتطرفات الأخرى أو الأفعال غير الشرعية. لذلك، فإن إثبات هوية الشخص يعتبر مهما للعديد من المؤسسات. ضمن هذا السياق فإن استخدام الأنظمة الحيوية كان متزايداً من قبل القطاعات العامة والخاصة لكي تستبدل أو تحسن الأنظمة الأمنية التقليدية. يعتبر الوجه مكوناً حيوياً فيزيائياً، والتعرف على الوجه مهمة شائعة وفطرية عند البشر، حيث أن الفرد لا يلاحظ عدد المرات التي يتم فيها التعرف على الوجه كل يوم. تطورت في العقد الأخير العديد من تقنيات التحليل والتعرف على الوجه، وتبقى الموثوقية في التعرف على الوجه هي التحدي الأكبر أمام الباحثين في هذا المجال.

لاتحتاج عمليات استخلاص الصورة والتحليل إلى الكثير من الأدوات، حيث تعتبر الكاميرا من أفضل الأدوات المستخدمة في منظومات التعرف الحيوية لأنها لا تحتاج إلى تماس مع المستخدم.

في هذا البحث تم اختيار الوجه كمكون حيوي للتعرف على الأشخاص، كما تم تمثيل صور الوجه بواسطة شعاع مواصفات المنحنيات الدائرية الفعالة (Effective Circular Curves) **ECC**، والمعدلة عن طريقة المستويات الأفقية الفعالة (Active Horizontal Levels) **AHL**.

تم تقييم الطريقة المقترحة (**ECC**) باستخدام قواعد بيانات الوجه التالية **ORL, UK** and **BioID** Face datasets (والتي تدعم صور أمامية للوجه Frontal Face) لتمييز الشّخص من صورة واحدة. بينت النتائج التّجريبيّة فعالية الطريقة المقترحة مقارنة مع الطرق الأخرى للتّعرّف على الوجوه حيث قدمت دقّة تمييز أفضل، كما أكدت النتائج التجريبية على قواعد بيانات الوجه السابقة استقرارية دقة الطريقة المقترحة مع زيادة عدد الاشخاص. أنجز النّموذج المقترح باستخدام **Matlab R2018b** كأداة برمجية.

كلمات مفتاحية: التعرف على الوجه والمكونات الحيوية والمنحنيات الدائرية الفعالة.

* أستاذ مساعد، كلية المعلوماتية، أكاديمية الاسد للهندسة العسكرية، حلب، سورية

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(7) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (7) 2022

Face-based human identification using Effective Circular Curves (ECC)

***Dr. Manhal Saleh Al-Mohammed**

(Received 8/7/ 2021 . Accepted 7/7/ 2022)

□ ABSTRACT

Nowadays, modern societies give importance to systems that contribute to increased security and reliability, due to terrorism and other extremism or illegal acts. Therefore, proving a person's identity is important for many organizations. Within this context, the use of vital systems has been increasing by the public and private sectors in order to replace or improve the traditional security systems. The face is a vital physical component, and facial recognition is a common and innate task in humans, as the individual does not notice the number of times faces are recognized each day.

In the last decade, many facial recognition and analysis technologies have developed, and the reliability of facial recognition remains the biggest challenge for the scientific community.

Image extraction and analysis do not require many tools, as the camera is one of the best tools used in biometric recognition systems because it does not need to be in contact with the user.

In this research, the face was chosen as the vital component for identifying people, and the images of the face were represented by the Effective Circular Curves (ECC), modified by Active Horizontal Levels (AHL).

The proposed method was evaluated using the following facial databases (ORL, UK and BioID) (which support Frontal Face images) to distinguish a person from a single image.

The experimental results showed the effectiveness of the proposed method compared to other methods of facial recognition, as it provided better discrimination accuracy, and the experimental results on previous face databases confirmed the stability of the accuracy of the proposed method with the increase in the number of people.

The proposed model was implemented using Matlab R2018b as a software tool.

Keywords: facial identification, biometric components and Effective Circular Curves.

*Associate Professor, Informatics College, AL-Assad Academy For Military Engineering, Aleppo,

1- مقدمة: (Introduction)

تستخدم الخصائص الحيوية لتحديد هوية الشخص بشكل آلي، بالاعتماد على مميزات فيزيائية (الوجه وبصمة الإصبع وخط اليد والأذن وقزحية العين...الخ) أو مميزات سلوكية (الصوت وطريقة المشي ...الخ)، حيث استنبطت العديد من الخصائص المختلفة من هذه المكونات الحيوية للتعرف على الأشخاص [1].

إن أهمية الوجه كمكون حيوي تأتي من المميزات التي تقدم من ناحية سهولة الوصول والتكلفة والقبول (على سبيل المثال: معطيات الوجه يمكن أن تؤخذ بشكل ملائم باستخدام مجموعة من الكاميرات غير المكلفة) [2].

اختير في هذا البحث الوجه كمكون حيوي في نظام التعرف المقترح لعدة أسباب منها:

أولاً: لا يحتاج الناس للتفاعل مع قارئ البصمة (الكاميرا) بشكل غير طبيعي.

ثانياً: تنفذ عملية التعرف على الوجه ضمنياً على شخص موجود على قيد الحياة لذلك لا يمكن أن تكون البصمة مسروقة أو ضائعة.

ثالثاً: لا يحتاج المستخدمون إلى تقديم معلومات إضافية عن أنفسهم غير المعلومات التي تكون متوفرة أصلاً.

إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو أن يتم التحري الآلي عن الأشخاص بالاعتماد على بصمة الوجه، بشكل خاص تعتمد التطبيقات الأمنية وأنظمة التحكم بالدخول على الخصائص الفيزيائية للشخص، وذلك بسبب الحاجة المتزايدة للمراقبة والتي اقتضت الربط بين التطبيقات لمواجهة النشاطات المريبة.

قدم الكثير من الباحثين أبحاثاً قيمة في مجال التعرف على الأشخاص بالاعتماد على الوجه، وفيما يلي بعض الدراسات في هذا المجال:

الدراسات المرجعية:

Liposcak and Loncaric [3] أقرا معدل دقة حوالي (99%) باستخدام طريقة الترشيح لمساحات فرعية من الوجه بغية استخلاص شعاع سمات مؤلف من 21 عنصر من أجل وصف ملامح الوجه، وتم استخدام مصنف المسافة الإقليدية لإجراء المطابقة على مجموعة بيانات مؤلفة من (30) شخص.

Nefian and Hayes [4] حققا معدل دقة (98%) باستخدام طريقة ما ركوف المخفية المضمنة (Embedded Hidden Markove Method) على قاعدة بيانات (ORL Dataset) ، والتي تحوي على تغييرات مختلفة للوجه. تعتمد هذه الطريقة على مبدأ اختيار البارامترات الأمثل والذي يعطي أعلا دقة ويتخلص من مشاكل قيم الضجيج والتكرار.

Gordon [5] اعتمد على انحناءات سطح الوجه. اختبر هذا النظام باستخدام صور الوجه من (8) أشخاص بمعدل (3) صور لكل شخص، أبلغ عن معدل اعتراف (97%) و (100%) للسمات الفردية والوجه كله على التوالي.

Graf and Wichmann [6] تحققا من تأثير تخفيض شعاع المميزات باستخدام طريقة Principle Component Analyses (PCA) ، وذلك باستخدام مصنف (SVMs) . عموماً" يوفر أداء (PCA) أداء متفوقاً في التصنيف.

M. S. Almohammad, G. I. Salam and T. A. Mahmoud [7] قدموا طريقة لاستنباط السمات بالاعتماد على الخطوط ذات الفعالية الأعلى التي تصل بين النقاط البارزة في الوجه، وأجريت التجارب باستخدام عدة مصنفات (المسافة الاقليدية والشبكات العصبونية وشجرة القرار)، حيث أكدت النتائج فعالية النظام المقترح.

M. S. Almohammad, G. I. Salam and T. A. Mahmoud [8] قدموا طريقة لاستنباط السمات بالاعتماد على طريقة المستويات الأفقية الفعالة AHL (Active Horizontal Levels)، وأجريت التجارب باستخدام عدة مصنفات (المسافة الاقليدية والشبكات العصبونية وشجرة القرار)، حيث أكدت النتائج فعالية النظام المقترح.

إن عملية التعرف على الأشخاص يمكن أن تقسم إلى مراحل مختلفة وهي: المعالجة الأولية Pre-Processing واستخلاص السمات Feature Extraction واتخاذ القرار Decision [5].

1-1- مرحلة المعالجة الأولية: (Pre-processing)

تهدف إلى استبعاد المعلومات غير الضرورية أو المكررة.

2-1- مرحلة استخلاص السمات: (Feature Extraction)

تخزن طريقة استخلاص السمات المعلومات حول الصور الرقمية بغية استخدامها في المرحلة التالية في منظومة التعرف.

3-1- مرحلة اتخاذ القرار: (Decision)

في هذه المرحلة يجب أن يؤخذ القرار لتحديد الشخص بالاستعانة بالمعطيات المجمعة من المرحلة السابقة في مرحلة التدريب (التسجيل).

2- أهمية البحث:

إن المكونات الحيوية تلعب دوراً هاماً في أنظمة المراقبة الحديثة، وخاصة فيما يخص الأنظمة الأمنية.

إن الطريقة المقترحة في البحث **[8]** تعاني من مشكلة دوران الصورة حيث يتغير شعاع السمات **AHL Vector**في حالة تدوير الصورة، لذلك استخدمت في هذا البحث طريقة المنحنيات الدائرية الفعالة **ECC**، والتي حققت دقة عالية مقارنة بالبحث المعدل، حيث تم اختبار الطريقة الجديدة المقترحة على قواعد بيانات عالمية، وأعطت نتائج مشجعة مقارنة مع الطريقة المقترحة في [8].

3- أهداف البحث:

- التعرف على الأشخاص باستخدام بصمة الوجه، المعتمدة على طريقة استنباط السمات ECC المحسنة عن الطريقة AHL [8].
- إجراء مجموعة من التجارب على عدة قواعد معطيات للوجه للطريقة المقترحة بغية التأكد من دقة التمييز الناتجة.
- إجراء بعض التجارب لدراسة استقرارية دقة التعرف للنظام المقترح مع تغيير عدد الأشخاص.
- إجراء دراسة مقارنة بين الطريقة المقترحة AHL في [8] مع الطريقة المقترحة في هذا البحث والمحسنة عنها.

4- فرضيات البحث:

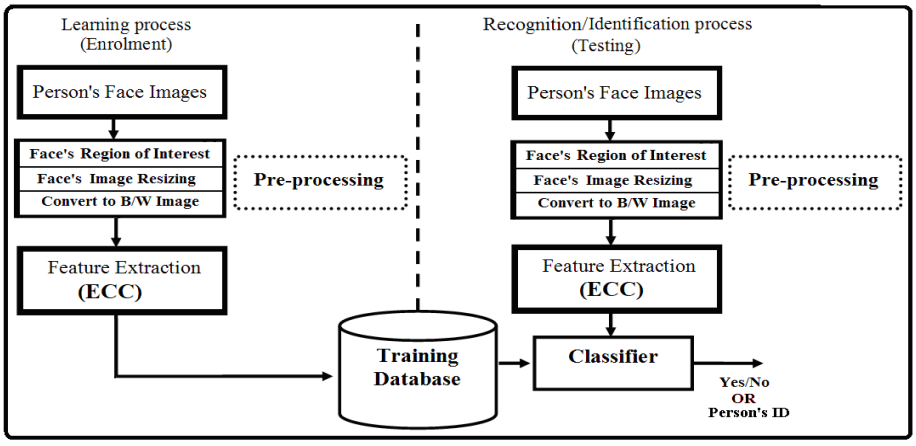
- كيف يمكن زيادة دقة التعرف على الأشخاص من خلال بصمة الوجه؟
- كيف يمكن الحفاظ على استقرارية دقة التعرف على الوجه مع زيادة عدد الأشخاص؟
- كيف يمكن زيادة دقة وموثوقية التعرف على الوجه مع وجود متغيرات منها (الجنس والعرق والعمر ووجود دقن أو نظارات ...الخ)؟

5- النموذج المقترح للتعرف على الوجه:

يمكن توصيف مشكلة التعرف على الوجه كما يلي: يوجد لدينا مجموعة من صور الوجه الملتقطة سابقاً لمجموعة من الأشخاص والمخزنة في قاعدة بيانات كأشخاص معروفين، والمطلوب هل من الممكن أن نتعرف أو نميز صورة الوجه غير المخزنة في قاعدة البيانات لشخص من مجموعة الأشخاص السابقة الذكر؟

5-1- بنية النظام المقترح:

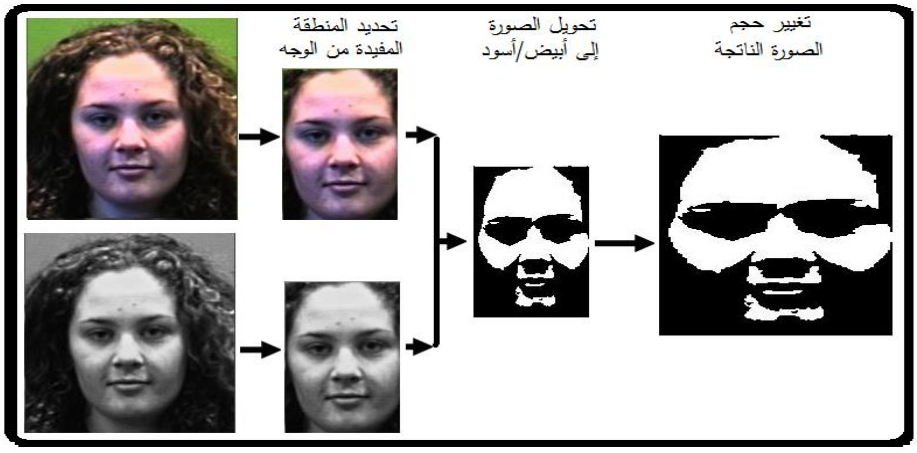
إن النظام المقترح للتعرف على الأشخاص بالاعتماد على الوجه كمكون حيوي يتضمن مرحلتين أساسيتين: مرحلة التدريب (التسجيل) ومرحلة الاختبار (التعرف)، يبين الشكل (1) بنية النظام المقترح.



الشكل (1): بنية منظومة التعرف المقترحة على الوجه باستخدام ECC كميزة وجه.

5-1-1- مرحلة المعالجة الأولية: (Pre-processing) تتضمن مرحلة المعالجة الأولية للوجه تحديد حدود الوجوه الموجودة في قواعد بيانات الوجه FEI, ORL, UK and BioID Face datasets. ثم تحويل الصور الملونة

أو الرمادية إلى صور أبيض وأسود ثم تم توحيد حجم الصور ضمن قياس 200*200Pixels كما هو مبين في الشكل (2). إن المعالجة الأولية ضرورية لسببين: الأول لتقليل الحجم، والسبب الثاني هو عزل المعلومات التي تميز صورة الوجه.



الشكل (2): مرحلة المعالجة الأولية للوجه

5-1-2- مرحلة استخلاص السمات: (Feature Extraction Phase)

في هذه المرحلة، تم تطبيق خوارزميّتين، الأولى خوارزمية استخلاص سمات الوجه باستخدام (Circular CC Curves)، والثانية خوارزمية الانتقاء ECC المقترحة.

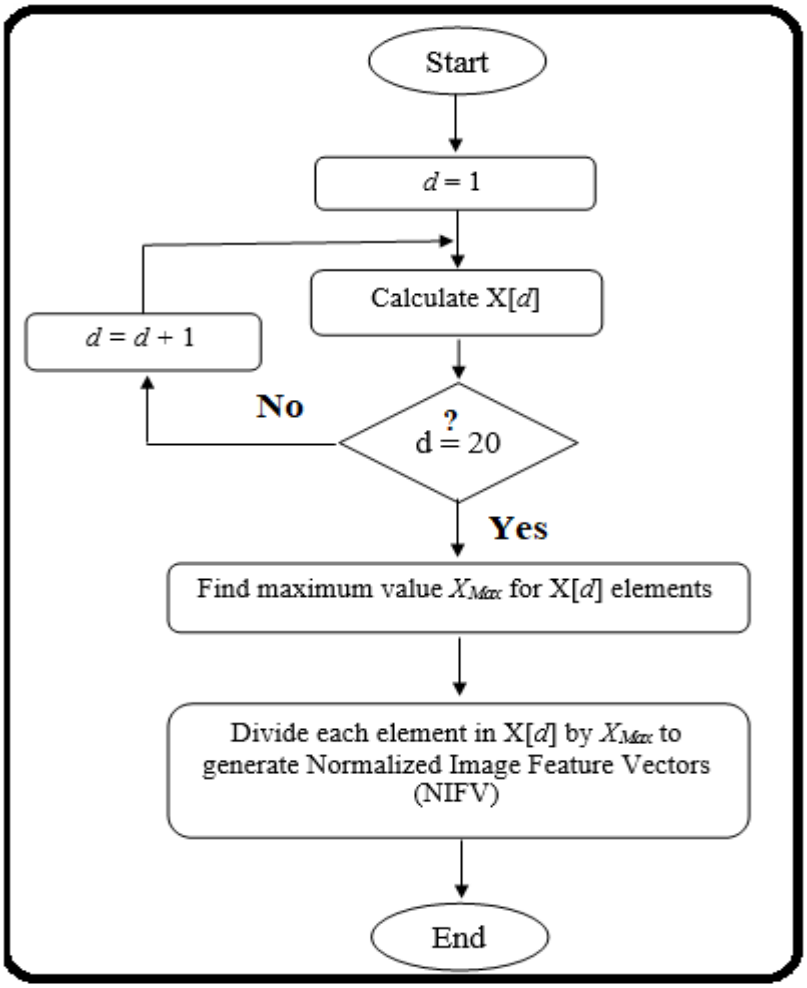
- **خوارزميّة استخلاص سمات الوجه (Circular Curves) CC:** مفتاح نجاح أي نظام تعرّف على الوجه هو استخلاص سمات الوجه. وبالتّالي، فإنّ هذا البحث يلجأ إلى استخدام سمات المظهر لتوصيف الوجه البشري. تمّ تطوير خوارزميّة استخلاص السمات المقترحة من خلال عرض كلّ صورة Black/White ومعالجتها على جميع المنحنيات الدائرية (الدوائر ذات أنصاف الأقطار 5%،10%،....95%،100% من قطر أكبر دائرة يمكن رسمها ضمن اطار صورة الوجه Black/White). عند كل منحنى دائري، يتم تسجيل عدد صحيح لعدد عناصر صورة الوجه (Pixels) التي تنتمي إلى المنحني الدائري. وهكذا ولكلّ صورة B/W شعاع مكون من أعداد صحيحة تمثل عدد عناصر صورة الوجه (Pixels) عند هذه المنحنيات الدائرية.

لنرمز لهذا الشعاع بـ Y[d] حيث d تأخذ القيم من 1 إلى 20، وتعبر عن رقم المنحني الدائري، وبالتّالي Y={Y[1],Y[2],….,Y[20]} هو الشعاع الذي يصف نمط الوجه باستخدام نسبة تواجد نقاط الوجه على عشرين منحني دائري.

ملاحظة: " تم اختيار عشرين منحنٍ دائري بناءً على مجموعة تجارب أجريت في الفقرة 5".

من أجل معايرة شعاع السمات Y تجرى قسمة حسابية لجميع قيمه على أعلى قيمة فيه، فيتولد لدينا الشعاع Normalized Image Feature Vector(**NIFV**).

تجمع الـ (NIFVs) من تسلسل الصّور الّتي تنتمي لنفس الشّخص، لتشكيل NIFV ثنائي الأبعاد. يوضح الشكل (3) خوارزميّة استخلاص سمات الوجه المقترحة.



الشكل (3): خوارزمية استنباط السمات

حيث:

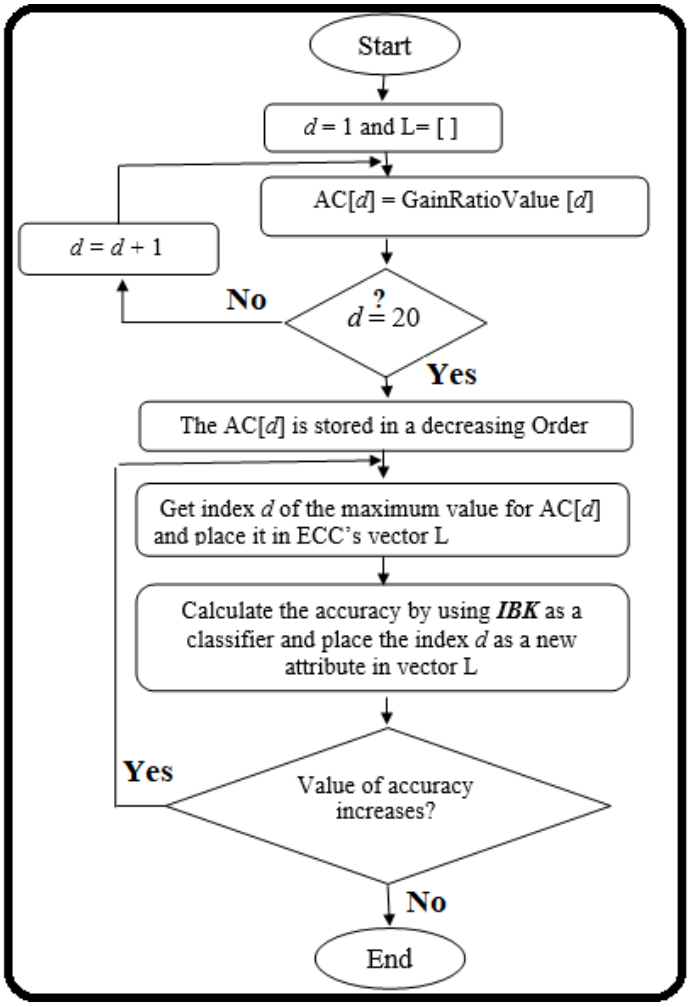
d is assigned a value from 1 to 20 (where *d* is the Circular Curves and 20 is the maximum.

X[*d*] is the number of pixels for a face's appearance on Circular Curves ***d.***

- **خوارزمية الانتقاء ECC المقترحة:**

بعد استخراج اشعة السمات المعايرة من المرحلة السابقة، سيتم انتقاء عناصر شعاع السمات المعاير والتي تعطي أعلى دقة، يبين الشكل (4) التقنية المقترحة لاختيار المنحنيات الدائرية الأكثر فعالية.

يسجل شعاع المصفوفة المكون من أرقام تدل على عدد عناصر الصورة (Pixels) عند كل منحنى فعال لكل صورة للوجه (أبيض/أسود). يتم التعبير عن عدد عناصر الصورة (Pixels) عند كل منحني دائري k بواسطة القيمة X[k] حيث أن 20 >k>1.



الشكل (4): خوارزمية انتقاء ECC

حيث:

AC[d] is GainRatio value for d^{th} Curve.
L is the ECC's vector

يتم التعبير عن الصورة بواسطة شعاع المصفوفة X=[X[1] , X[2], …, X[N]] حيث N هي عدد المنحنيات الدائرية الفعالة، يمثل الشعاع X بصمة الوجه. إن المصفوفة المستخلصة تحوي على قيم عددية تمثل عدد عناصر الصورة (Pixels) عند كل منحنى دائري فعال، ومن أجل التخلص من مشكلة القرب والبعد عن الكاميرا يتم تقسيم كل عناصر شعاع المصفوفة على القيمة العظمى فيها وبالتالي نحصل على نفس البصمة لنفس الصورة مهما كان بعدها عن الكاميرا (بإجراء عملية معايرة Normalization). إن بصمة الوجه لعدد من الأشخاص تمثل بواسطة مصفوفة كما هو مبين في الشكل (5):

الشكل (5): مرحلة استخلاص سمات للوجه

تمثل المنحنيات الدائرية الفعالة للوجه بالمصفوفة F(S x N) Matrix، حيث أن N تمثل عدد المنحنيات الدائرية الفعالة، وS تمثل عدد الصور الملتقطة للوجه. كما هو مبين في المعادلة (1).

$$F_{S\,x\,N} = \begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & \cdots\cdots\ .. & N \\ \hline ECC_{\ 1} & y_1(1) & y_1(2) & & y_1(N) \\ ECC_{\ 2} & y_2(1) & y_2(2) & & y_2(N) \\ \vdots & & & & \\ ECC_{\ S} & y_S(1) & y_S(2) & & y_S(N) \end{array} \qquad \text{المعادلة (1)}$$

5-1-3- مرحلة اتخاذ القرار (Matching Score Phase) :

في هذه المرحلة يتم حساب التجانس بين بيانات الصورة المراد التعرف عليها مع بيانات الصور المخزنة في قاعدة البيانات والمسجلة في مرحلة التدريب (التسجيل). يتخذ قرار التعرف حسب المسافة الإقليدية (أقرب تجانس).

6 -قواعد بيانات الوجه (Face Databases):

من أجل بناء خوارزمية موثوقة للتعرف على الأشخاص باستخدام بصمة الوجه نحتاج إلى عدد من قواعد البيانات لصور الوجه وصور للشخص أثناء المشي. يوجد عدد من قواعد البيانات لأهداف غير تجارية على الانترنت، سواءً بشكل مجاني أو بتكلفة زهيدة. تم التقاط وتسجيل الصور في هذه القواعد ضمن شروط مختلفة وذلك لتخدم تطبيقات متنوعة. وسيتم فيما يلي توصيف قاعدتي البيانات المعروفة عالمياً والمستخدمة في هذا البحث.

6-1- قاعدة بيانات الوجه BioID (BioID Face Databases) [9]:

قاعدة بيانات الوجه **BioID** واحدة من أكبر قواعد البيانات المستخدمة في مجال التعرّف على الأشخاص باستخدام بصمة الوجه، حيث سجلت عام 2001 وتحوي 1521 صورة لـ 23 شخص (66 صورة لكلّ شخص تقريباً)، سجّلت هذه القاعدة خلال عدّة جلسات باستخدام تغييرات في شدّة الإضاءة وتغييرات في تعابير الوجه وخلفيّة الصّورة. درجة التّغييرات لم تكن نتيجة لمواقف حياتيّة أثّرت على الصورة

ولكنها تعكس هذه المواقف. جميع الصّور في هذه القاعدة سجّلت باللون الرّمادي بدقّة 384×286Pixels، والشّكل (6) يبيّن بعض الأمثلة من قاعدة بيانات الوجه **BioID**.

الشكل (6): أمثلة من قاعدة بيانات الوجه BioID [9]

6-2- قاعدة بيانات الوجه UK (UK Face Database)[9] :

تحتوي قاعدة بيانات الوجه UK على 395 فرد (ذكر وأنثى)، عشرين صورة لكلّ فرد. تحتوي هذه القاعدة على أشخاص من أصول عرقيّة مختلفة، وبشكل أساسي من طلّاب السّنة الأولى في الجامعات. لذلك فإنّ أعمارهم تتراوح بين 18-20 سنة، وبعضهم يرتدي نظّارات ويمتلكون لحية. والشّكل (7) يبيّن بعض الأمثلة من قاعدة بيانات الوجه UK.

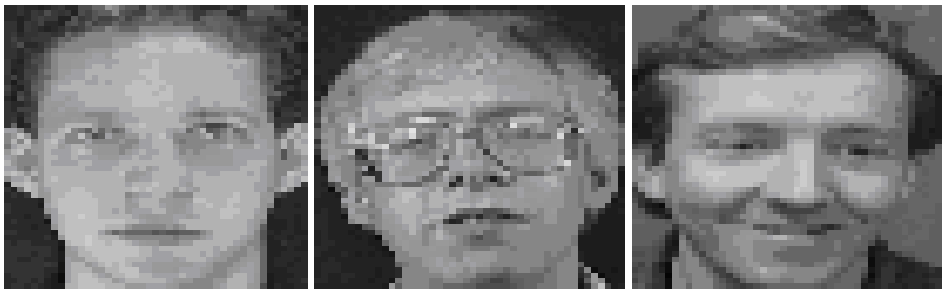
الشكل (7): أمثلة من قاعدة بيانات الوجه UK [9]

6-3- قاعدة بيانات الوجه ORL (ORL Face Database)[9] :

تحتوي قاعدة بيانات الوجه ORL على مجموعة من الصّور الملتقطة بين عامي 1992 وحتّى 1994 في مختبر. هناك عشر صور مختلفة لأربعين شخصاً. بعض الصّور لنفس الشّخص التقطت في أوقات مختلفة، وبتغيّرات مختلفة للإضاءة، وباستخدام تعابير مختلفة (فتح أو إغلاق العينين ووجود ابتسامة أو عدم وجودها) وكذلك وجود تفاصيل في الوجه (مع نظّارات أو بدونها). جميع الصّور أخذت بوجود

خلفيّـة داكنـة متجانسـة ووضـع الـرأس عمـودي. والصّـور جميعهـا أماميّـة (مـع تسـاهل بانزيـاح خفيـف جانبيّـاً).

والشّكل (8) يبيّن بعض الأمثلة من قاعدة بيانات الوجه ORL.



الشّكل (8): أمثلة من قاعدة بيانات الوجه ORL [9]

7- المناقشة ونتائج التجارب (Discussion and Experimental Results):

أجريت التجارب على قواعد بيانات الوجه (ORL, UK and BioID Face datasets)، من أجل تحديد عدد المنحنيات الدائرية التي تعطي معدلات تمييز عالية، والتي سيتم فيما بعد اختيار المنحنيات الدائرية الفعالة منها، كما استخدم مصنف المسافة الاقليدية IBK في هذه التجارب.

يبين الجدول (1) التالي معدلات التمييز في حال تغيير عدد المنحنيات الدائرية.

الجدول (1): نتائج تطبيق مصنف المسافة الأقرب والمنحنيات الدائرية على ثلاث قواعد بيانات عالمية (ORL, UK and BioID Face datasets) .

عدد المنحنيات الدائرية	Face Dataset		
	BioID	***UK***	***ORL***
10	80.1	70.6	54.2
20	98.1	98.1	78.7
30	97.5	97.2	78.1
40	96.3	94.6	75.6
50	96.9	94.1	74.2
60	97.1	92.5	72.9
70	93.1	91.2	70.8
80	91.6	89.3	70.1
90	90.5	88.4	68.5
100	89.2	87.9	67.7

بينت النتائج التجريبية أن استخدام عشرين منحنٍ دائري يعطي نتائج أفضل عند استخدام قواعد بيانات الوجه الثلاثة المستخدمة للاختبار في هذا البحث (يعود السبب في ذلك إلى كم المعلومات المميزة للوجه التي تحتويها منطقة الوجه التي تمر فوقها هذه المنحنيات الدائرية).

أجريت العديد من التجارب على قواعد بيانات الوجه من أجل تحديد المنحنيات الدائرية التي تعطي معدلات تمييز عالية. تحتوي كل صورة للوجه على **20** منحنى دائري. إن خوارزمية المنحنيات الدائرية الفعالة المقترحة **ECC Algorithm** تقوم بإيجاد المنحنيات الأكثر فعالية والتي يمكن أن تستخدم للتعرف على الأشخاص، وذلك بإزالة المستويات غير الفعالة باستخدام طرق انتقاء عالمية **[6]**. يبين الشكل(9) نتائج تنفيذ خوارزميتي المنحنيات الدائرية المقترحة وخوارزمية المنحنيات الدائرية الفعالة المقترحة **ECC Algorithm** على ثلاث قواعد بيانات عالمية (**ORL, UK and BioID Face datasets**)، حيث استخدمت طريقة **GainRatio Attribute Selection** كطريقة انتقاء للسمات الأكثر فعالية، كما استخدم مصنف المسافة الاقليدية **IBK** في هذه التجارب.

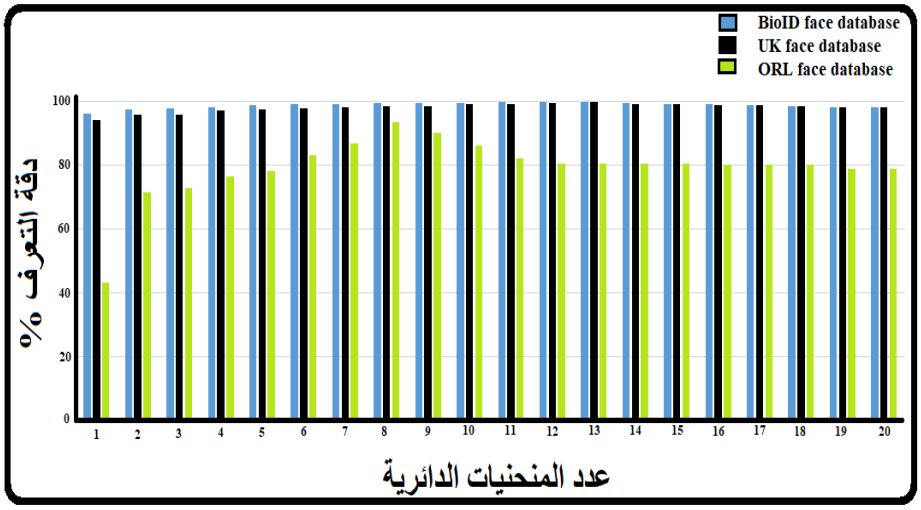
أظهرت النتائج التجريبية أن عدد المنحنيات الدائرية الأكثر فعالية هو 13 منحني دائري، والتي تعطي أعلى دقة (99.8%) في حال استخدام قاعدة بيانات الوجه BioID Face dataset، يبين الشكل (10- ب) مثالاً يوضح توزع المنحنيات الدائرية الفعالة في حال استخدام BioID Face datasets.

كما أظهرت النتائج التجريبية أن عدد المنحنيات الدائرية الأكثر فعالية هو 13 منحني دائري، والتي تعطي أعلى دقة (99.7%) في حال استخدام قاعدة بيانات الوجه UK Face dataset، يبين الشكل (11- ب) مثالاً يوضح توزع المنحنيات الدائرية الفعالة في حال استخدام UK Face dataset.

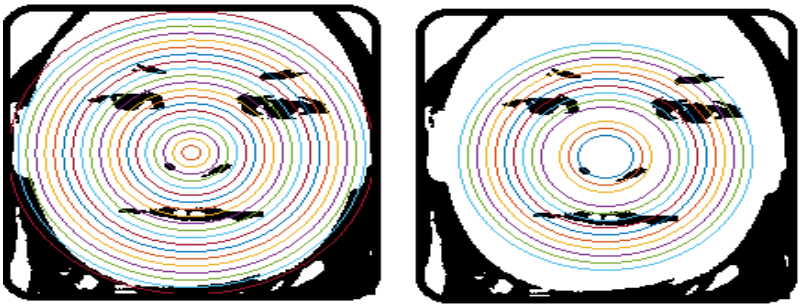
أخيراً أظهرت النتائج التجريبية أن عدد المنحنيات الدائرية الأكثر فعالية هو 8 منحنيات دائرية، والتي تعطي أعلى دقة (93.5%) في حال استخدام قاعدة بيانات الوجه ORL Face dataset، يبين الشكل (12- ب) مثالاً يوضح توزع المنحنيات الدائرية الفعالة في حال استخدام ORL Face dataset.

إن اختلاف عدد المنحنيات الدائرية الفعالة حسب قاعدة بيانات الوجه يعود لعدة أسباب أهمها:

- التغيرات التي تدعمها قاعدة بيانات الوجه (اتجاه الوجه ووجود ذقن أو نظارات أو طاقية أو العمر أو العرق أو الجنس ...الخ).
- بناءً على التغييرات التي تدعمها قاعدة بيانات الوجه فإن الملامح البارزة في الوجه (التي تحتوي معلومات التمييز أو البصمة) تختلف حسب قاعدة البيانات.
- إن خوارزمية انتقاء المنحنيات الدائرية الفعالة تعتمد على استبقاء المنحنيات التي تزيد من دقة التعرف، والتخلص من المنحنيات التي تمر عبر منطقة من الوجه لا تحتوي على معلومات مفيدة أو تحتوي على معلومات مكررة.

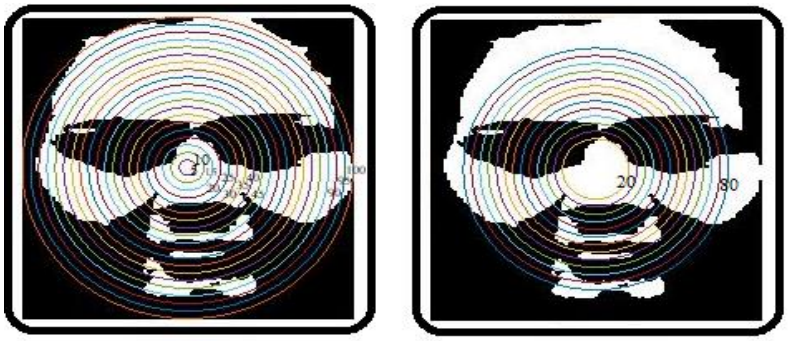


الشّكل (9): المنحنيات البيانية التي توضح نتائج تطبيق خوارزمية ECC Algorithm على ثلاث قواعد بيانات عالمية (ORL, UK and BioID Face datasets)



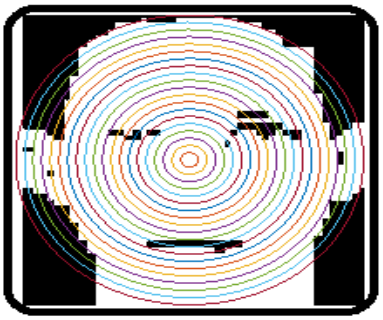
(أ) (ب)

الشّكل (10): مثال عن المنحنيات الدائرية الفعالة باستخدام قاعدة بيانات الوجه BioID



(أ) (ب)

الشّكل (11): مثال عن المنحنيات الدائرية الفعالة باستخدام قاعدة بيانات الوجه UK



(أ)

الشّكل (12): مثال عن المنحنيات الدائرية الفعالة باستخدام قاعدة بيانات الوجه ORL

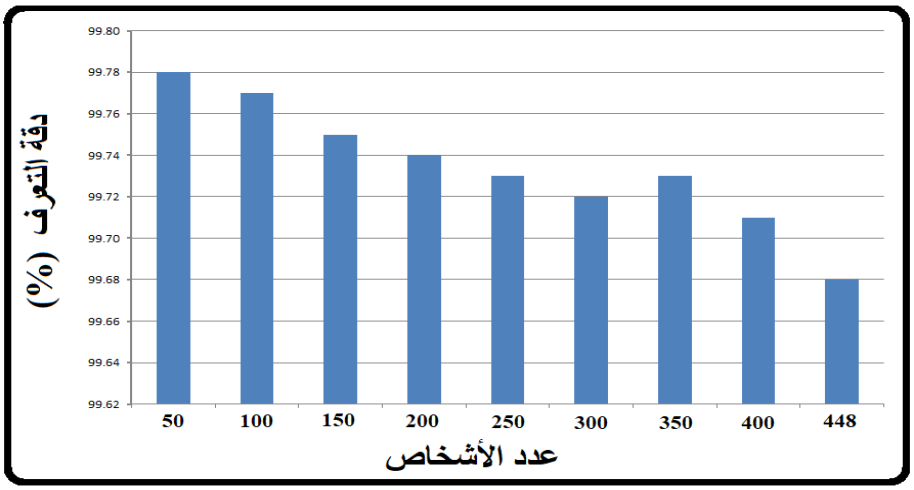
الجدول (2): أرقام المنحنيات الدائرية الفعالة لكل قاعدة بيانات مستخدمة للوجه والمنحنيات الدائرية الفعالة الكلية الشاملة لكل قواعد بيانات الوجه المستخدمة.

ECC No.	Face Dataset			ECC
	BioID	*UK*	*ORL*	
5				
10				
15	√			√
20	√	√		√
25	√	√		√

يبين الجدول (2) أرقام المنحنيات الدائرية الفعالة التي نتجت من التجارب السابقة باستخدام قواعد بيانات الوجه السابقة والتي تحتوي على متغيرات مختلفة (كاتجاه الوجه والابتسامة ووجود نظارات والعمر والعرق...الخ)، حيث دمجت– نتائج هذه التجارب باستخدام عملية الاجتماع المنطقية للحصول على المنحنيات الدائرية الفعالة التي تشمل كل قواعد بيانات الوجه المنفذة عليها التجارب السابقة.

30		√	√	√
35	√	√	√	√
40	√	√	√	√
45	√	√	√	√
50	√	√	√	√
55	√	√	√	√
60	√	√	√	√
65	√	√	√	√
70	√	√		√
75	√	√		√
80	√	√		√
85				
90				
95				
100				

بغية دراسة استقرارية النظام المقترح للتعرف على الوجوه باستخدام المنحنيات الدائرية الفعالة، نفذت مجموعة من التجارب على قواعد بيانات الوجه الثلاث بنفس الوقت ORL, UK and BioID Face datasets، حيث يبين الشكل (13) تغيرات دقة التعرف مع تغير عدد الأشخاص المختارين بشكل عشوائي من قواعد بيانات الوجه الثلاث السابقة، وذلك بالاعتماد على 14 منحني دائري فعال ناتج من سلسلة التجارب السابقة.



الشكل (13): نتائج دراسة استقرارية نظام التعرف المقترح مع تغيير عدد الأشخاص

توضح النتائج التجريبية السابقة أن دقة التعرف تنخفض بشكل طفيف مع زيادة عدد الأشخاص، وهذا السلوك إيجابي وبالتالي دقة النظام المقترح مستقرة مع زيادة عدد الأشخاص.

8- دراسة مقارنة (Comparative Study):

تم مقارنة النموذج المقترح في هذا البحث مع النموذج المقترح في البحث **[8]**، والذي يعتمد على المستويات الأفقية الفعالة AHL، حيث تم تطبيق التجارب على قواعد بيانات الوجه الثلاث ORL, UK and BioID Face datasets، واستخدم مصنف الجار أقرب K-Nearst Nighbour، مستخدمين 60% من كل قاعدة بيانات كمجموعة تدريب (تسجيل)، يبين الجدول (3) نتائج هذه الاختبارات.

الجدول (3): مقارنة دقة التعرف الخاصة بالنموذج المقترح في هذا البحث مع الطريقة المقترحة في البحث [8] .

النموذج المقترح	قاعدة البيانات		
	ORL	***UK***	***BioID***
النموذج المقترح في البحث[8]	89%	99.8%	99.1%
النموذج المقترح في هذا البحث	93.5%	99.7%	99.8%

أكدت النتائج أن النموذج المقترح في هذا البحث للتعرف على الأشخاص باستخدام بصمة الوجة ECC، يعطي دقة تمييز أفضل بقليل من النموذج المقترح بالاعتماد على بصمة الوجه AHL [8]، ماعدا في حال استخدام قاعدة بيانات الوجه UK Face dataset، حيث أن النتائج كانت متقاربة جداً.

9- الخلاصة (Conclusion):

تم في هذا البحث دراسة مشكلة التعرف على الأشخاص باستخدام بصمة الوجه، وذلك بالأخذ بعين الاعتبار الدقة والبعد عن الكاميرا. إن المساهمة الرئيسية المقدمة في هذا البحث هي طريقة واعدة لاستنباط السمات **ECC**، وهي طريقة معدلة عن الطريقة AHL [8]، حيث أن نتائج هذه الطريقة مستقرة.

أكدت النتائج التجريبية على ثلاث قواعد بيانات للوجه ORL, UK and BioID Face datasets أن الطريقة المقترحة تعطي نتائجاً مستقرة مع تغير عدد الأشخاص، كما أكدت النتائج التجريبية على قواعد بيانات الوجه الثلاث أن الطريقة المقترحة في هذا البحث أعطت نتائجاً أفضل من الطريقة المقترحة في البحث [8].

10- المراجع (References):

[1] M. S. Almohammad, G. I. Salama and T. A. Mahmoud, " *Face and Gait Fusion Methods: A Survey* ," Int. Journal of Computer Science and Telecommunications (IJCST), pp. 19-28, vol. 4, no. 4, April 2013.

[2] J. Fagertun, Face Recognition, M Eng Thesis, Technical University on Denmark, 2005.

[3] Z. Liposcak and S. Loncaric, *A Scale-Space Approach to Face Recognition from Profiles*, Proc. of the 8th Int. Conf. on Computer Analysis of Images and Patterns, pp.243-250, vol. 1689, London, UK, 1999.

[4] A. V. Nefian and M. H. Hayes, *Face Recognition Using an Embedded HMM*, IEEE Int. Conf. AVBPA, pp.19-24, March, 1999.

[5] G. Gordon, *Face Recognition Based on Depth Maps and Surface Curvature*, SPIE Proc., Geometric Methods in Computer Vision, pp.234-247, vol. 1570, September 1991.

[6] A. Graf and F. Wichmann, Gender Classification of Human Faces, Int. Workshop on Biologically Motivated Computer Vision, pp. 491 500, 2002.

[7] M. S. Almohammad, G. I. Salam and T. A. Mahmoud, "*Human Identification System Based on Face using Active Lines Feature among Face Landmark Points*," ESC Journal, vol. 36, no. 3, September 2012.

[8] M. S. Almohammad, G. I. Salama and T. A. Mahmoud, " *Human Identification System Based on Face using Active Horizontal Levels (AHLs) Feature*," Int. Journal of Computer Application (IJCA), pp. 21-37, vol. 61, no.20, January 2013.

[9] (2020) The Face databases website, Available: http://www.face-rec.org/databases/.