

استخلاص الميزات من صورة قزحية العين من خلال تعويض منطقة البؤبؤ

د: أعيد القطعان*

المُلخَص

يقدم هذا البحث تقنية جديدة لاستخلاص الميزات المعتمدة على القياسات البيولوجية لقزحية العين، وذلك من خلال تعويض الجزء الذي لا يحتوي على معلومات مميزة من صورة القزحية والمتمثل بمنطقة البؤبؤ، هذا التعويض يكون من مناطق القزحية الغنية بالمعلومات والمحيطه تماماً بمنطقة البؤبؤ.

أهمية المنهجية المتبعة في هذه التقنية الجديدة أنها مستوحاة من المعلومات البيولوجية الدقيقة عن العين البشرية بشكل كامل، دونما إجراء التعديلات التي أدت في البحوث السابقة الى نقص المعلومات التمييزية، وزيادة التشويش عليها. كما أن هذه التقنية الجديدة تُضاعف مع عدم التكرار - استخدام المعلومات التمييزية، مما يؤدي الى زيادة الخصائص التمييزية إلى نسبة وافية وكافية لتمييز الشخص، بغض النظر عن طريقة استخلاص صورة القزحية له.

النقطة المهمة الثانية في هذه التقنية أنها تكيفية (adaptive)، أي تتكيف معاملاتها مع الصور الجديدة كلياً بالنسبة إليها، وذلك من خلال تحليل البيانات القديمة بعد دمجها مع البيانات الجديدة، ومن ثم سيكون النظام الذي يستخدم هذه التقنية نظاماً ذاتي التعلم دون زيادة في تعقيده الزمني، ولا يحتاج الى عمليات التحسين والاصلاح.

طبقت هذه التقنية باستخدام بيئة الماتلاب (MATLAB) على قاعدة البيانات القياسية (CASIA-IrisV4). وأظهرت النتائج التحليلية كفاءة هذه التقنية لصور مختلفة، وذات تشويش عالٍ، وخصوصاً انخفاض معدلات القبول الزائف، أو الرفض الزائف بوضوح، وزيادة دقة قرارات النظام.

الكلمات المفتاحية: تمييز قزحية العين، استخلاص الميزات، تحليل البيانات.

* مدرس، قسم هندسة الحواسيب والآتمة، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

Features Extraction of eye iris image by replacing the pupil area

Dr. Aghiad Kh. Alkatan *

Abstract

This research provides a new technique for extracting features supported with biological measurements of the eye iris by replacing the portion that does not contain identifiable information of an image of the iris and the pupil area. The replacement comes from information-rich iris area surrounding the pupil.

The importance of the methodology used in this new technology is that it is inspired from accurate biological information of the human eye. According to this technology; the modifications, that increased disruption and caused lacking in discriminatory information, doesn't occur here. Beside to this, it has doubled discriminatory information; without repetition, increasing the adequate and sufficient discriminatory features to distinguish a person, regardless the method used for extracting the iris image.

Another important point in this technique is adaptation of where the new technology adapted with entirely new images. Through analyzing the old data after merging with the new ones, therefore the system based on this technique is self-learning without increasing the time complexity, and it does not require optimization processes or reform.

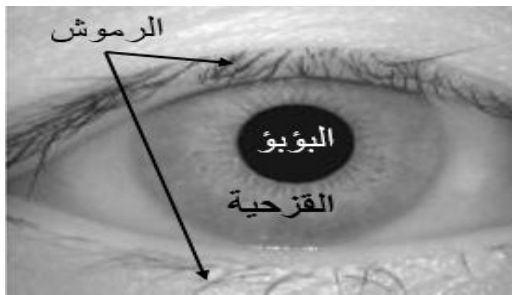
The technology was implemented using MATLAB environment on a standard database (CASIA-IrisV4). The analytical results show the efficiency of this technique for different images with high interference, especially: accepted, or rejected fraud rates, and increase the accuracy of the system's decisions.

Key words: Iris Recognition, Features Extraction, Data Analysis.

1-المقدمة:

1-1-تمهيد:

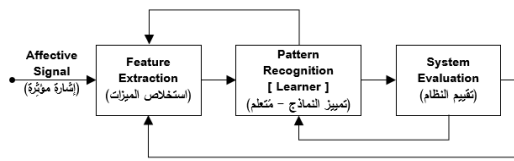
أو أنها تحاول باستخدام المرشحات والمعالجات الأولية للصورة استخلاص أكبر قدر مقبول من المعلومات، وفي كلتا الحالتين لم تكن المعلومات المستخلصة من الصورة كافية للحصول على نتائج تمييزية ذات موثوقية عالية، ما أدى الى قصر التطبيقات والمجالات التي تستخدم هذه التقنيات، أو الاضطرار لدمجها بتقنيات أخرى ما زاد من كلفة التعقيد الزمني للنظام.



الشكل (1) صورة العين بمكوناتها الظاهرية.

1-2- نظام تمييز النماذج:

تعرف على النماذج هو العلم الذي يهدف إلى تصنيف الأشكال (النماذج)، إلى عدد من الفئات أو الطبقات. يوضح الشكل (2) المخطط العام للوحدات الأساسية المتكاملة لنظام تمييز النماذج.



الشكل (2) المخطط الأساسي لنظام تمييز النماذج.

يعدّ نظام تمييز النماذج جزءاً لا يتجزأ من نظم الآلات الذكية والمبنية بهدف اتخاذ القرارات. كما أنه يحتل أهمية كبرى في كثير من التطبيقات والمجالات أهمها: الرؤية الآلية (Machine vision)، وتمييز المحارف (Character recognition)، والتشخيص بمساعدة الحاسوب (Computer-aided diagnosis)، وتمييز

تُعد القياسات البيولوجية لقزحية العين من التقنيات المستخدمة بفعالية عالية لتمييز الأشخاص، وذلك لعدة أسباب أهمها: أن القزحية فريدة لكل شخص بحيث لا تتطابق قزحية العين لشخصين من عدد السكان البشري كآهم، حتى بين التوائم المتطابقة. كما أنها لا تتأثر بتقدم عمر الإنسان. وأيضاً بالمقارنة فإنه في حين أن معظم القياسات البيولوجية لديها (13-60) خصائص متميزة (فريدة)، فإن القزحية تملك (266) من الخصائص الفريدة من نوعها لكل شخص. لذلك اهتم الباحثون ومراكز البحوث بهذه التقنية لما لها من تطبيقات مهمة في تحديد هوية الأشخاص ضمن عدة مجالات [1]، [2].

بالنظر الى صورة العين (الشكل 1) ومكان تموضع القزحية ضمنها يُرى بوضوح صعوبة تحديد القزحية أو فصلها عن باقي مكونات العين كالبؤبؤ والبياض والرموش بشكل كامل أو حتى شبه كامل، ما يعني أنّ كماً كبيراً من المعلومات المهمة ضمن القزحية تفقد أو تتعرض للتشويه. والصعوبة الثانية تأتي من أن تموضع مكونات العين الظاهرية المذكورة سابقاً يتغير مع كل صورة حتى للشخص نفسه. فضلاً عن أن القزحية ليست مسطحة أي ليست ثنائية البعد كما في الصورة بل تنتشر وتغطي سطحاً ثلاثي البعد، وهذا يعني أنه بالأساس تم خسارة بعض المعلومات المهمة [2].

هذه الأسباب وغيرها جعلت من عملية استخلاص الميزات لقزحية العين عملية صعبة من ناحية أن المعلومات المتمثلة بالميزات المستخلصة غير كافية لاستخدامها في تمييز الأشخاص، أو تحتوي على نسبة خطأ كبيرة نسبياً. من جهة أخرى، إن معظم البحوث السابقة [3] كانت إما تفترض أن شكل القزحية دائري،

1-4- نظرة عامة الى طرائق استخلاص الميزات لصورة قزحية العين:

يوجد عدد من تقانات استخلاص الميزات لصورة قزحية العين التي تختلف وفقاً لنمط نظام تعرّف النماذج المستخدم، لكن تعدّ التقانات المعتمدة على النمط الإحصائي الأفضل، منها:

(a) ترميز القزحية اعتماداً على كشف الزوايا [4]: الفكرة الأساسية لهذه التقنية هي إيجاد بارامترات المنحنيات مثل: الخطوط المستقيمة وكثيرات الحدود، والدوائر وغيرها التي تمثل الحدود الداخلية (البؤبؤ) والخارجية للقزحية. اعتماداً على كشف الزوايا؛ يتم إيجاد معامل الارتباط التقاطعي باستخدام الزوايا المحددة بين الصورة في قاعدة البيانات وصورة الاستعلام. ويتم القبول إذا كان عدد معاملات الارتباط بين زوايا الكشف للصورتين أكبر من قيمة عتبة ما.

(b) استخلاص الميزات باستخدام موجبات هار (Haar) [5]: تحدد ميزات القزحية باستخدام تحويلات موجبات هار للتمييز، اذ تستخدم المقارنة بين النتائج المستخلصة من تحويلات موجبات هار مع شجرة الموجبات المستخلصة من استخدام موجبات أخرى للحصول على نتائج أفضل.

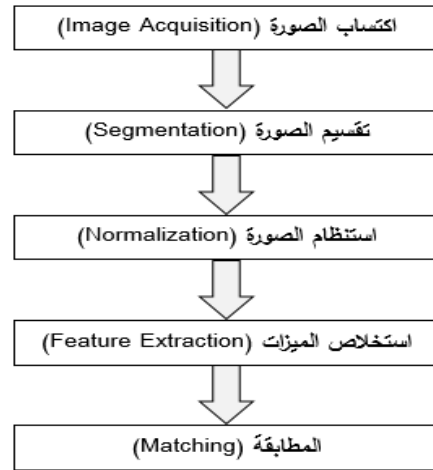
(c) استخلاص الميزات باستخدام مرشح غابور (Gabor) [6]: ترشيح منطقة القزحية في الصورة بعد تقييسها باستخدام زوج من مرشحات غابور، أحدهما باستخدام موجة الجيب (sin)، والآخر باستخدام موجة تمام الجيب (cos). ومن ثمّ نحصل على ترميزين للصورة فضلاً عن المعلومات عن أماكن الضجيج وتمثيلها بقناع بولياني (ثنائي) القيمة للبكسل. في التنفيذ العملي يجب أن يكون كل ترميز هو مصفوفة [7].

الكلام (Speech recognition)، وتنقيب البيانات واكتشاف المعرفة (Data mining & knowledge discovery).

1-3- خوارزمية تمييز قزحية العين:

تمييز القزحية هي إحدى طرائق استخدام القياسات البيولوجية لتمييز الأشخاص من خلال استخدام تقنيات تمييز النماذج لصور عالية الدقة لقزحية العين من عيون الأشخاص.

يُبين الشكل (3) المراحل الخمس الأساسية لعملية تعرّف قزحية العين؛ تتطوي المراحل الثلاث الأولى على التعامل مع صورة القزحية ومعالجتها، والمرحلة الرابعة لاستخلاص الميزات هي لإجراء المطابقة واتخاذ القرار بالتطابق أو الاختلاف، عملياً فإن المراحل الثلاث الأولى ليس لها التأثير البالغ في عملية التعرف في حين المرحلة الرابعة وهي مرحلة استخلاص الخصائص من الصورة تملك التأثير الأكبر في هذه العملية، بالمقابل فهي المرحلة التي مازالت تقاناتها تواجه صعوبة استخلاص تلك الميزات التي تحتوي على معلومات تمييزية كافية للتطبيقات المهمة.



الشكل (3) الخطوات المتبعة لتعرف قزحية العين.

الفكرة وراء طريقة استخلاص الميزات بتعويض منطقة البؤبؤ هي دمج المنهجين السابقين معاً بطريقة يتم فيها التخلص من سلبيات كليهما. أي أنّ هذه الطريقة تعتمد على معالجة منطقة البؤبؤ دون عدّها جزءاً من المعلومات التمييزية، وذلك من خلال:

I. تعويض منطقة البؤبؤ التي لا تحتوي على معلومات مميزة، من جزء يحتوي على معلومات عالية التمييز.

II. هذا التعويض لا يعتمد الشكل الدائري للقرحية أو لمنطقة البؤبؤ.

بالنسبة إلى النقطة الأولى فإنه يجري التعويض من المناطق الغنية بالمعلومات والمحيطية بمنطقة البؤبؤ، وبالترتيب من المناطق القريبة المحيطة بها إلى البعيدة. وبهذا يطرح التشويش الناتج عن استخدام منطقة البؤبؤ، والتقليل من عمليات المعالجة للأخطاء الناتجة عن هذا الاستخدام.

أما بالنسبة إلى النقطة الثانية يبدأ بالتعويض اعتماداً على آلية تحديد آنية تُفرّق بين البكسل الذي ينتمي لمنطقة البؤبؤ "الذي سيعوّض" والبكسل الذي لا ينتمي لها. مما يوفر الجهد اللازم لعمليات التحديد، ويقلل بشكل كبير من الأخطاء الناتجة عن هذه العمليات.

أيضاً فإن الصورة الناتجة والمستخلصة من صورة العين بعد عملية التعويض تلك، تكون ذات حجم أقل ومن ثمّ تحتاج إلى عمليات حسابية أقل، مما يخفض التعقيد الزمني لأية طريقة تُستخدم لترميزها.

النقطة الأساسية المهمة هنا أنه تمت مضاعفة المعلومات عالية التمييز المتوضعة حول منطقة البؤبؤ وفق ما أكدته الاختبارات البيولوجية الإحصائية التي وجدت أن السمات الأكثر أهمية في عملية تصنيف القرحية تتوزع

(d) استخلاص الميزات باستخدام تحويل فورييه [7]: من الاختبارات الإحصائية وجد أن السمات الأكثر أهمية في عملية تصنيف القرحية تتوزع من المنتصف إلى الأعلى. وهذا يعني أنها تتركز قرب حدود البؤبؤ. لذلك يُستخدم تحويل فورييه السريع للعينات أي لصور قرحية العين بعد أن أزيلت الجفون والرموش من الصور، وحساب متوسط النطاقات الطيفية العالية من المنتصف إلى الأعلى كدوائر متحدة المركز، من ثمّ تطبيق نافذة هامينغ (Hamming Window).

يُلاحظ أن الخوارزميات السابقة تسلك أحد المنهجين الآتيين:

■ استثناء منطقة البؤبؤ من الصورة: وهنا يتم خسارة جزء مهم من المعلومات المميزة لأنّ هذه المنطقة عدّت دائرية الشكل، ومن ثمّ احتاجت إلى حسابات معقدة زادت من التعقيد الزمني للخوارزمية.

■ عدم استثناء منطقة البؤبؤ من الصورة: ومن ثمّ عدّ جزء كبير من المعلومات غير المميزة الموجودة بهذه المنطقة قيمة مميزة، ممّا أدى إلى زيادة الخطأ في التمييز والاضطرار لاستخدام طرائق مساعدة أدت بدورها إلى زيادة التعقيد الزمني لنسب غير فعالة.

عملياً كانت نتائج المقارنة تُرجح المنهج الأول لأن التشويه الناتج عن معالجة منطقة البؤبؤ لم يقلل التعقيد الحسابي لأنّه يحتاج إلى استخدام مرشحات ومعالجات لإزالة هذا التشويه. ومع ذلك فإنّ عدّ منطقة البؤبؤ دائرية الشكل في المنهج الأول هو السبب الرئيسي وراء عدم الحصول على معلومات تمييزية بالقدر الكافي للوصول إلى موثوقية عالية.

2- الطرائق والأدوات:

2-1- استخلاص الميزات بتعويض منطقة البؤبؤ:

يحسب مركز ثقل الصورة اعتماداً على قانون "مركز العزوم للقوى"، وفق العلاقات الآتية:

$$X_c = \frac{1}{E_{total}} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^L E(i,j) \cdot X_{ij}$$

$$Y_c = \frac{1}{E_{total}} \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^L E(i,j) \cdot Y_{ij}$$

إن $E(i,j)$: هي القيمة اللونية للصورة؛ إذ إن القيمة اللونية لعناصر الصورة تنتمي للمجال: $[0,255]$ ، أي من الأسود الى الأبيض.

(X_{ij}, Y_{ij}) : إحداثيات النقطة في الصورة.

(E_{total}) : المجموع اللوني لعناصر الصورة.

ثانياً: إيجاد طول ضلع المربع الذي يحدد الجزء المستهدف من منطقة القزحية:

الهدف من هذه الخطوة هو إيجاد طول ضلع المربع وليكن (a)، إذ إن هذا المربع يُحيط بالجزء من القزحية، الذي يتضمن منطقة البؤبؤ كلاًها والجزء من القزحية المحيط بها، ولتجنب ظهور الرموش ضمن هذا المربع (قدر الإمكان) فإنه يحدد هذا المربع بحيث لا يتضمن الرموش؛ وهذا ممكن بجعل ضلع المربع العلوي مماساً لمنطقة البؤبؤ، ومن ثمّ حذف المنطقة من القزحية المحيطة بالبؤبؤ التي يمكن أن توجد فيها الرموش، أي المنطقة أعلى منطقة البؤبؤ تماماً.

يُوضّح الشكل (5) المربع (ABCD) وهو المربع المستهدف، إذ يحدّد تحديده اعتماداً على مركز ثقل الصورة (X_c, Y_c) . تُمثّل القيمتان (a_1) ، (a_2) بُعد مركز ثقل الصورة عن ضلع المربع العلوي، وضلع المربع السفلي بالترتيب، وهذا يضمن حذف الرموش. في حين بُعد مركز ثقل الصورة عن كل من ضلعي المربع اليميني واليساري يساوي نصف طول ضلع المربع تقريباً، وهذا يضمن

من المنتصف إلى الأعلى. أي أنّها تتركز قرب حدود البؤبؤ. [1]، [2]، [8].

2-2- خوارزمية تقنية استخلاص الميزات بالتعويض:

تتألف الخوارزمية من ثلاث مراحل أساسية، كما هي مبينة في الشكل (4):



الشكل (4) المراحل الأساسية لخوارزمية استخلاص الميزات بالتعويض.

2-2-1- المرحلة الأولى (الحصول على الصورة):

تتضمن عمليات الحصول على الصورة ومعالجتها، حيث يتم الحصول على الصورة الكاميرا نفسها والطريقة نفسها التي تم استخدمت لبناء قاعدة البيانات المستهدفة. وأيضاً تتضمن هذه المرحلة عمليات المعالجة الأولية للصورة، المؤلفّة من عملية تقسيم الصورة، وعملية استنظام الصورة. وهذه العمليات تجري بالطريقة نفسها والبارامترات نفسها التي تطبق على صور قاعدة البيانات المستهدفة.

2-2-2- المرحلة الثانية (تعويض منطقة البؤبؤ):

لتعويض منطقة البؤبؤ من مناطق القزحية القريبة من البؤبؤ، لا بُدّ من إيجاد منطقة القزحية ومن ثم إجراء عملية التعويض. يتم إيجاد منطقة القزحية وفق الخوارزمية الآتية:

2-2-2-1- خوارزمية إيجاد منطقة القزحية:

أولاً: حساب مركز ثقل الصورة (X_c, Y_c) [9]:

```
Function(Imagek) return a1k
a1k = 0
i ← Xck
j ← Yck
while ( E(i,(j+1)) < T )
    a1k ← a1k + 1
    j++
end while
```

الشكل (6) تحديد القيمة (a_{1k}) للصورة (k). إذ أن
مركز ثقل الصورة (k) (X_{ck}, Y_{ck})

من خلال إجراء الدراسة التحليلية والإحصائية على قاعدة البيانات المستهدفة، يمكن حساب القيمة (T)، وهي العتبة (threshold) التي تستخدم لتحديد حدود منطقة البؤبؤ. نعلم أن معظم منطقة البؤبؤ تمتلك اللون الأسود أو قريباً منه، وأيضاً باقي العين تمتلك لوناً أفتح من منطقة البؤبؤ، ومن ثمّ يمكن استخدام الرسم البياني للصورة (Histogram) لتحديد نسبة اللون الأسود في الصورة ومنها يتم تحدد القيمة (T).

أما لتحديد القيمة (a₂) ومن ثمّ تحديد (a) فإنها يجب أن تُحقق أمرين اثنين، هما:

✓ ألا يتجاوز المربع منطقة القرنية حتى لا تتضمن الصورة المستهدفة جزءاً من الجفون والرموش ومن ثمّ منطقة التعويض أصغر من ثلاثة أضعاف منطقة البؤبؤ، أي:

$$(a_2 + a_1)^2 - (\pi \cdot a_1^2) < 3 \cdot (\pi \cdot a_1^2)$$

✓ يجب أن يكون كبيراً كفاية حتى يؤمن نقاطاً كافية لتعويض كامل منطقة البؤبؤ وبالتالي منطقة التعويض أكبر من منطقة البؤبؤ، أي:

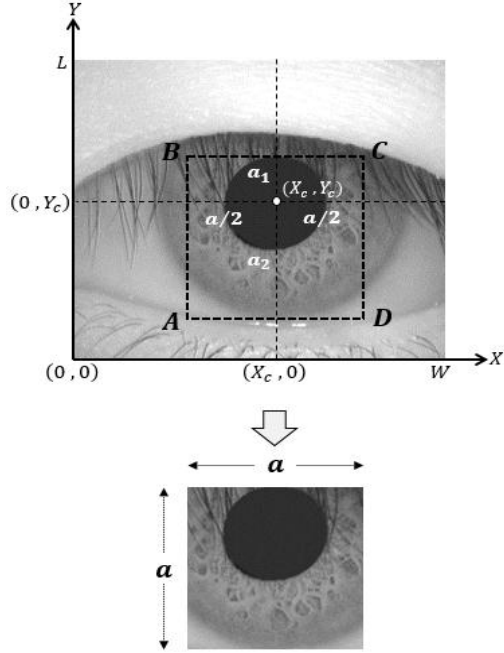
$$(\pi \cdot a_1^2) < (a_2 + a_1)^2 - (\pi \cdot a_1^2)$$

✓ إنّ القيمة (a₂) ترتبط بالقيمة (a₁) بالنسبة (ω):

$$a_2 = \omega \cdot a_1$$

تحدد قيمة (ω) وفقاً للشروط السابقة التي نستنتج منها العلاقة الآتية:

التوازن بين النقاط المستخدمة للتعويض التي على يمين البؤبؤ ويساره. من الواضح أن إحداثيات النقاط: (A,B,C,D) المُعينة للمربع تعطي بالعلاقة (3).



الشكل (5) المربع الذي يحدد جزءاً من منطقة القرنية، الذي يُمثل أيضاً الصورة المُستهدفة.

ومن ثمّ بحساب القيمتين: (a₁) و (a₂)، يمكننا من تحديد إحداثيات النقاط: (A,B,C,D).

$$\left. \begin{aligned} A: (A_x, A_y) &= \left(X_c - \frac{a}{2}, Y_c - a \right) \\ B: (B_x, B_y) &= \left(X_c - \frac{a}{2}, Y_c + a \right) \\ C: (C_x, C_y) &= \left(X_c + \frac{a}{2}, Y_c + a \right) \\ D: (D_x, D_y) &= \left(X_c + \frac{a}{2}, Y_c - a \right) \end{aligned} \right\} (3)$$

$$a = a_1 + a_2$$

ولحساب القيمة (a_{1k}) للصورة (k) من قاعدة البيانات نتبع الخوارزمية الآتية:

$$\sqrt{2\pi} - 1 < \omega < 2\sqrt{\pi} - 1 \quad (5)$$

Algorithm: Offset pupil area.

Input: E: 2D. Array (a×a).

T: Threshold value.

Output: E: 2D. Array (a×a).

Pre-condition: none.

Post-condition: none.

Procedure:

// Determine the minimum point
of the pupil area (X_c, Y_m).

Y_m←0

While(E(X_c, (Y_m+1)) > T)

Y_m++

End While

i←0 //row indexed.

j←0 //column indexed.

While ((Y_B-j) != Y_m) Do:

// Go left

X_l←X_c

While (E((X_l+1), Y_B)) < T)

X_l←X_l+1

End While

k←X_c

For k To X_l ; k++

E(k, (Y_B-j))←E((k+X_l), (Y_B-j))

If ((X_l-X_c) > (X_c-X_l))

E(k, (Y_B-j))←E((X_c+k), Y_m)

End If

End For

// Go right

X_r←X_c

While (E((X_r-1), Y_B)) < T)

X_r←X_r-1

End While

k←X_c

For k To X_r ; k--

E(k, (Y_B-j))←E((X_r-k), (Y_B-j))

If ((X_c-X_r) > (X_r-X_c))

E(k, (Y_B-j))←E((X_c-k), Y_m)

End If

End For

End While

الشكل (7) شبه رماز (Pseudo-Code)

لخوارزمية تعويض منطقة البؤبؤ

2-2-2-2- خوارزمية تعويض منطقة البؤبؤ:

تعدّ خوارزمية تعويض منطقة البؤبؤ هي الخطوة الأساسية في التقنية المقترحة، وهي استخلاص الميزات بالتعويض لصورة القزحية، وهدفها مضاعفة المعلومات الأكثر تمييزية وأن تستبدل بها منطقة البؤبؤ، مع الأخذ بالحسبان الحفاظ على ترتيب هذه المعلومات في أثناء عملية التعويض. عملياً تستبدل النقاط المنتمية لمنطقة البؤبؤ من السطر نفسه ووفقاً لجهة وجودها يمين خط منتصف المربع أو يساره، أي (X_c).

أمّا بحال كان عدد النقاط المطلوب استبدالها أكبر من النقاط المتاحة، يتم الاستبدال من النقاط الموافقة التي تقع في الجزء أسفل منطقة البؤبؤ تماماً، مع الأخذ بالحسبان أيضاً جهة وجودها بالنسبة إلى خط منتصف المربع.

يُوضّح الشكل (7) شبه رماز (Pseudo-Code) لخوارزمية تعويض منطقة البؤبؤ، في حين تُوضح الأشكال (8) و(9) كيفية إنجاز هذه الخوارزمية على الصورة.

إن الصورة الناتجة عن هذه العملية تُعدّ ترميزاً للصورة الأصلية قبل عملية التعويض. كمصفوفة قيم لونية مربعة بُعدها (a×a). بعد تطبيق هذه المرحلة على صور قاعدة البيانات المستهدفة، يتم الحصول على صور هذه القاعدة بعد التعويض، وستدعى قاعدة البيانات المستخلصة. كذلك تطبق هذه المرحلة على الصورة المراد تمييزها، وستدعى الصورة المستخلصة.

مصفوفتي القيم اللونية الممثلتين للصورة المستخلصة والصورة من قاعدة البيانات المستخلصة.

2-2-3-1- بُعد آماري (Amari distance) [10]:

البُعد المسمى مسافة آماري هو مقياس لحساب الفرق أي البعد بين مصفوفتين غير شاذتين (non singular). هذا البُعد مفيد لفحص التقارب في خوارزميات تحليل المكونات المستقلة وفي مقارنة الحلول الناتجة.

لنتكن لدينا المصفوفتان المربعتان $(n \times n)$ غير الشاذتين: (A) و (B) فإن البُعد بينهما $d(A,B)$ وفق مسافة آماري يُعطى بالعلاقة (6) الآتية:

$$d(A, B) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n |r_{ij}|}{\max_j |r_{ij}|} - 1 \right) + \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sum_{i=1}^n r_{ij}}{\max_i r_{ij}} - 1 \right) \quad (6)$$

$$\text{where } r_{ij} = (A \cdot B^{-1})_{ij}$$

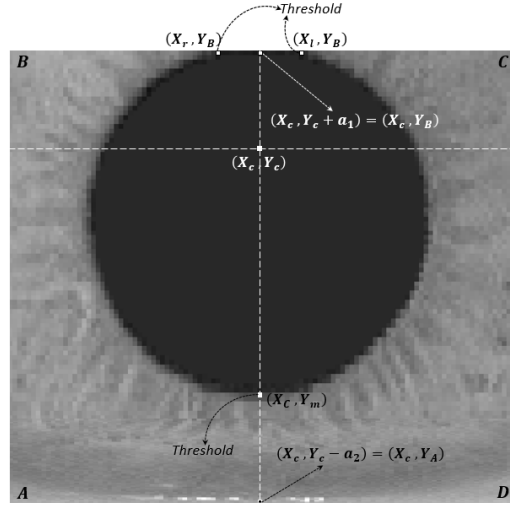
ببساطة يمكن استنتاج العلاقة التالية:

$$\left. \begin{aligned} d(A, A) &= 0 \\ \max_{A,B} [d(A, B)] &\leq n - 1 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

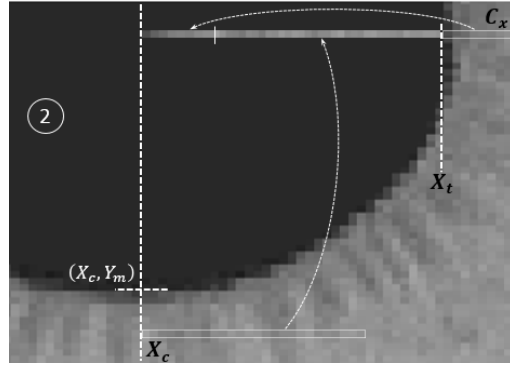
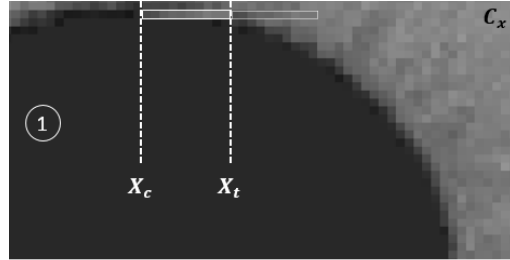
2-2-3- إتحاد القرار:

يجري اتحاد القرار بتمييز الصورة المستخلصة لفرضية العين اعتماداً على البعد بين المصفوفتين الممثلتين لهما وفق صيغة بُعد آماري.

إن العلاقة الأولى من العلاقة (7) تعني أنّ المصفوفتين متطابقتان تماماً على مستوى العناصر، لكن عملياً لا يتخذ القرار بالتطابق التام، أي القرار بالتطابق عندما فقط عندما تتحقق هذه العلاقة، إنّما يتخذ القرار



الشكل (8) إحداثيات النقاط المستخدمة في خوارزمية تعويض منطقة البؤبؤ.



الشكل (9) ① التعويض من السطر نفسه. ② التعويض من السطر نفسه، وتنمة التعويض من الجزء أسفل منطقة البؤبؤ.

2-2-3- المرحلة الثالثة (المطابقة واتحاد القرار):

تجري عملية المطابقة بين الصورة المستخلصة، وكل صورة من الصور الموجودة في قاعدة البيانات المستخلصة. تجري عملية المطابقة وفقاً لقيمة البعد بين

التنظيم، وغيرها من الخصائص التي جعلتها تُستخدم في معظم البحوث عن موضوع تمييز قزحية العين، أو معالجة الصور.

من أجل الاختبار في هذه البحث فقد اختيرت (30,000) صورة من الصور المستتظمة من قاعدة البيانات المستهدفة (CASIA-IrisV4) وفق الجدول (2) عشوائياً.

2-4-2- الدراسة التحليلية والإحصائية:

تدرج الدراسة التحليلية ضمن إطار المعالجة المسبقة لقاعدة البيانات المستهدفة، وهذا يعني أن التعقيد الزمني للخوارزميات كلها المستخدمة في هذه الدراسة لا تؤثر في التعقيد الزمني لنظام تمييز القزحية. عملياً تمّ القيام بالدراسة التحليلية على مجموعة التدريب المأخوذة من قاعدة البيانات (CASIA-IrisV4) المستهدفة، وفقاً لخوارزميات هذه التقنية.

الجدول (2) مجموعة الاختبار.

Data Set	Size	Training Set	Testing Set
DS 1: Interval	2000	40	10
DS 2: Lamp	6000	120	30
DS 3: Twins	2000	40	10
DS 4: Distance	2000	40	10
DS 5: Thousand	10000	200	50
DS 6: Syn	8000	160	40
Sum	30000	600	150

2-4-2-1- تحديد قيمة العتبة (T):

كما رأينا فإن (T) هي قيمة العتبة التي تستخدم لتحديد حدود منطقة البؤبؤ ذات اللون المائل للسواد، لذلك يُستخدم الرسم البياني (Histogram) لصور مجموعة التدريب لتحديد متوسط نسبة اللون المائل للسواد في الصور، أي تحديد القيمة (T). ومن ثمّ بدراسة الرسم البياني (Histogram) وتحليله لصور مجموعة التدريب كما يتضح من الشكل (11) الذي يُظهر الرسم البياني لصور من المجموعة (DS1) ولصور من المجموعة (DS 6)

بالتطابق عندما يكون البعد بين المصفوفتين أصغر من عتبة معينة، وهي قيمة موجبة صغيرة تحدّد من خلال الدراسة التحليلية والإحصائية لقاعدة البيانات المستخلصة، ولتكن (ϵ).

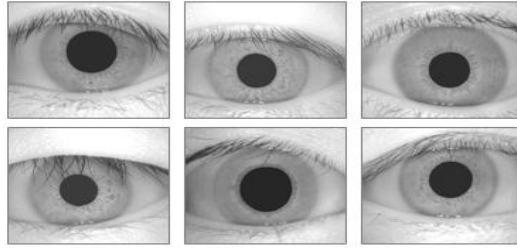
ومن ثمّ يتخذ القرار وفقاً للجدول الآتي:

الجدول (1) اتخاذ القرار.

قرار التطابق	قيمة البعد بين المصفوفتين
Yes	$d(A, B) \leq \epsilon$
No	$d(A, B) > \epsilon$

2-4-2- التنفيذ العملي:

2-4-2-1- قاعدة البيانات:



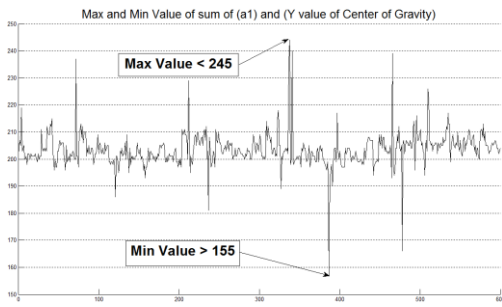
الشكل (10) عينة لصور قزحية العين من قاعدة البيانات.

قاعدة البيانات المستهدفة هي (CASIA-IrisV4)، والتي أنجزت ونظّمت من قبل الأكاديمية الصينية للعلوم [11]. تتضمن قاعدة البيانات هذه (54,601) صورة قزحية العين، قُسمت إلى ست مجموعات جزئية. هذه الصور كلها في المستوى الرمادي (8-bit gray level)، أي أنّ القيمة اللونية لأي بيكسل فيها تنتمي للمجال [0,255]، وقد استخدمت (Normalization) (49,395) صورة مأخوذة من المجموعات الست؛ وفق الأبعاد (320 pixels) للعرض و(280 pixels) للطول، يتضمن الشكل (10) عينة مأخوذة من قاعدة البيانات. وقد اختيرت هذه القاعدة وفقاً لخصائصها من حيث الشمولية، وطريقة

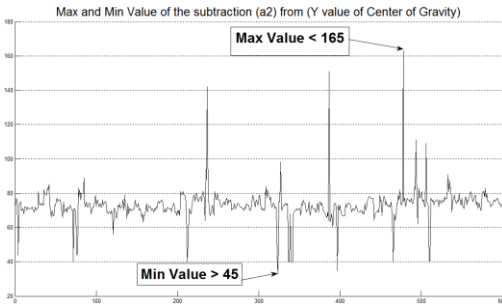
ومن أجل القيمة الابتدائية يُؤخذ المتوسط اعتماداً على العلاقة (5) نجد:

$$\omega = \frac{(\sqrt{2\pi} - 1) + (2\sqrt{\pi} - 1)}{2} = 2.0257$$

يتضح من الشكلين (12) و (13) أنّ بُعد ضلع المربع عن حدود الصورة أقل من بُعد مركز ثقل الصورة عن حدودها ومن ثمّ يوضّح أن المربع (ABCD) لا يتجاوز حدود الصورة الأصلية.



الشكل (12) مجموع القيمتين (a1) و (Cy)، لعينة من مجموعة التدريب.



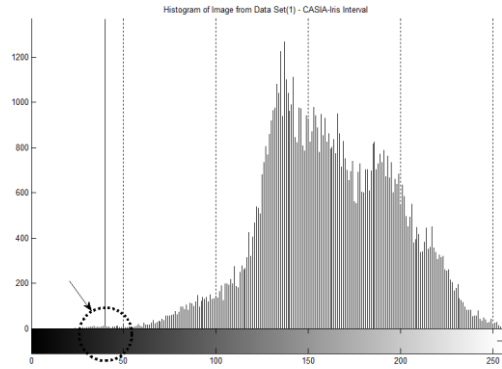
الشكل (13) الفرق بين القيمتين (a2) و (Cy)، لعينة من مجموعة التدريب.

كما يُلاحظ من الشكل (7) أنّ التعقيد الزمني لخوارزمية تعويض منطقة البؤبؤ في هو: (n2). إذ أنّ (n=a) ومن خلال الدراسة التجريبية فإن القيمة العظمى لطول ضلع المربع المستهدف تساوي تقريباً (200). لكن تُطبق هذه الخوارزمية على كل صور قاعدة البيانات في مرحلة المعالجة المسبقة لتصميم النظام في حين تُطبق مرة

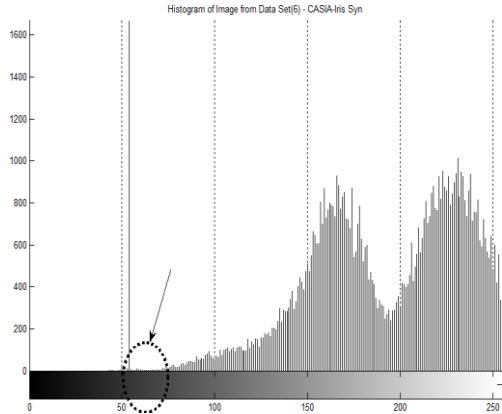
كمثال قاعدة البيانات (CASIA-IrisV4). نجد أن (T) تنتمي للمجال [40, 65]. وهذا يعني أنّ القيمة (T) تُستخدم كمعامل متغير يعدّل ويضبط بناءً على نتائج نظام التمييز. ومن أجل القيمة الابتدائية يُؤخذ المتوسط (T=48).

2-2-4-2- تحديد القيمة (a1) والقيمة (a2):

من الخوارزمية في الشكل (6)، والعلاقة (4)، و (5) على قاعدة البيانات المستهدفة، مع الأخذ بالحسبان أنّه من الواضح أن النسبة (ω) تمثل عاملاً متغيراً يعدّل ويضبط بناءً على نتائج نظام التمييز، أوفي أثناء مرحلة تحسين النظام وفقاً للبيانات (الصور) الجديدة.



صورة من المجموعة (DS 1)



صورة من المجموعة (DS 6)

الشكل (11) عينة من الرسم البياني (Histogram)، لصور من مجموعة التدريب.

[الفقرة: 2-4-4-2]، كانت النتائج كما يوضح الجدول (3)، كذلك يوضح الشكل (14) المقارنة بين الدقة ومعدل الخطأ، ويوضح الشكل (15) المقارنة بين معدل القبول الزائف ومعدل الرفض الزائف.

أظهرت النتائج كفاءة هذه التقنية وخصوصاً انخفاض معدلات القبول الزائف، أو الرفض الزائف بوضوح ومن ثم انخفاض معدل الخطأ بشكل عام، وزيادة دقة قرارات النظام.

كما أكدت النتائج أن تحليل البيانات أظهر قدرة نظام تمييز القزحية الذي يستخدم هذه التقنية على التعامل مع الصور الجديدة كلياً بالنسبة إليه، بل أنه يتحسن كلما تعامل مع الصور الجديدة، وهذا يتضح من خلال تعامله مع مجموعات الصور المختلفة. وهذه النتيجة مهمة جداً فدوماً ما كان يتطلب بناء أو إعادة بناء نظام تمييز الأشخاص بشكل كامل كلما كبرت قاعدة البيانات (في المطارات مثلاً). بينما باستخدام هذه التقنية سيعاد تدريب النظام على كامل قاعدة البيانات الجديدة والقديمة آلياً وفقاً لعتبة إحدى المعدلات السابقة [الفقرة: 2-4-4-2] وحسب التطبيق دون توقيف النظام وإعادة بنائه. أي أن هذه التقنية تكيفية مع الصور الجديدة كلياً بالنسبة إليها.

يُلاحظ من الشكل (14) أن المجموعة (3 DS) ذات دقة قليلة ونسبة خطأ عال نسبياً، في حين النتائج كانت جيدة بالنسبة إلى بقية المجموعات. كما يُلاحظ من الشكل (15) أن المجموعة (3 DS) نفسها ذات معدل عال بالحالتين، وهذا مرده إلى أن صور هذه المجموعة هي للتوائم مما يعني أن مستوى التشابه بينهما كبير، والنقاط التمييزية قليلة نسبياً، وفي هذه الحالة لا بُد من استخدام قياس بيولوجي ثاني (كالصمة).

واحدة فقط في أثناء عمل النظام على الصورة المراد تمييزها. ومن ثم زمن تنفيذ الخوارزمية من أجل تنفيذ واحد فقط يكون: (4×10^4) عملية، ويفرض أن المعالج يُنجز (10^6) عملية في الثانية فيكون زمن الخوارزمية يساوي تقريباً $(0.04 \text{ sec} = 4 \text{ msec})$.

2-4-2-3- تحديد قيمة العتبة (ϵ):

وفقاً لبعدها الصورة المستخلصة، والعلاقة (7)؛ نجد:

$$0 \leq \epsilon \leq a - 1 \quad (8)$$

من أجل عينة من مجموعة التدريب، نحسب بعد آماري بين إحدى صورها وصور العينة، ثم نحدد قيمة العتبة (ϵ) كأكبر قيمة صغيرة.

2-4-2-4- عوامل قياس الأداء:

لقياس أداء النظام على مجموعة الاختيار، نعتمد على العوامل الآتية:

- الدقة (Accuracy): نسبة عدد القرارات الصحيحة إلى عدد القرارات الكلي.
- معدل القبول الزائف (Fraud Accepted Rate): نسبة عدد القرارات الخطأ والتي كانت قيمة القرار فيها (Yes) في حين قيمته الحقيقية هي (No)، إلى العدد الكلي للقرارات ذات القيمة (Yes).
- معدل الرفض الزائف (Fraud Rejected Rate): نسبة عدد القرارات الخطأ التي كانت قيمة القرار فيها (No) في حين قيمته الحقيقية هي (Yes)، إلى العدد الكلي للقرارات ذات القيمة (No).
- معدل الخطأ (Error Rate): نسبة عدد القرارات الخطأ إلى عدد القرارات الكلي.

3- مناقشة النتائج:

نفّدت هذه التقنية على قاعدة البيانات المستهدفة ثلاث مرات منفصلة، ثم أخذ متوسط قيم المعاملات السابقة

5- الخاتمة:

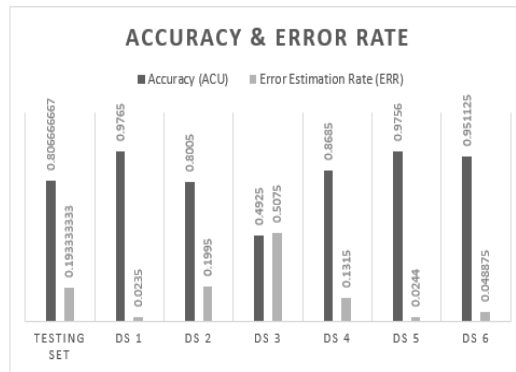
قدم هذا البحث تقنية جديدة لاستخلاص الميزات المعتمدة على القياسات البيولوجية لقزحية العين، أي تتعامل مع صورة القزحية وفق المفاهيم البيولوجية بغض النظر عن طريقة استخلاصها، ممّا يفتح الباب لبحوث مستقبلية واعدة لا تقتيد بالكاميرا، أو بمعاملات التصوير. وأيضاً هي تقنية تكيفية أو ذاتية التعلم، أي لا تحتاج الى إعادة بناء نظام التمييز كلما تغيرت البيانات، أو تغير التطبيق، ممّا يؤكد أهمية الدراسة التحليلية للبيانات وخصوصاً المتعلقة بالقياسات البيولوجية للأشخاص.

مسرد المصطلحات

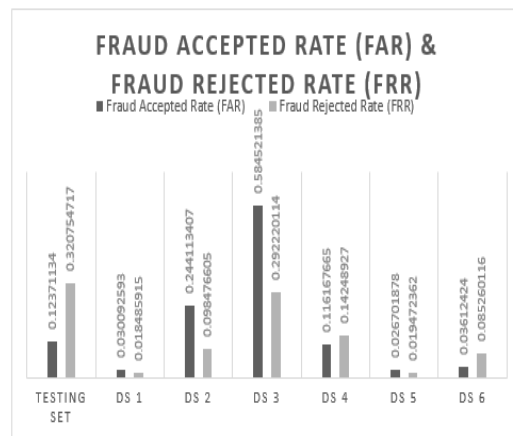
adaptive	تكيفي
Feature extraction	استخلاص الميزات (السمات)
Image Acquisition	اكتساب الصورة
Segmentation	تقسيم (تقطيع) الصورة
Normalization	استنظام الصورة
Pattern Recognition	تمييز النماذج (تعرف الأشكال)
Threshold	عتبة
Histogram	الرسم البياني للصورة
Pseudo-Code	شبه رماز
Non-singular	غير شاذ
Accuracy	الدقة
Fraud Accepted Rate	معدل القبول الزائف
Fraud Rejected Rate	معدل الرفض الزائف
Error Rate	معدل الخطأ
Testing Set	مجموعة الاختبار
Training Set	مجموعة التدريب

الجدول (3) قيم عوامل قياس الأداء.

Data Set	ACU	FAR	FRR	EER
Testing Set	0.807	0.124	0.327	0.193
DS 1	0.976	0.031	0.019	0.024
DS 2	0.801	0.244	0.099	0.199
DS 3	0.493	0.585	0.292	0.508
DS 4	0.869	0.116	0.143	0.132
DS 5	0.976	0.027	0.019	0.024
DS 6	0.951	0.036	0.085	0.049



الشكل (14) الدقة ومعدل الخطأ لمجموعة الاختبار ولمجموعات قاعدة البيانات كلها.



الشكل (15) معدل القبول الزائف ومعدل الرفض الزائف لمجموعة الاختبار ولمجموعات قاعدة البيانات كلها.

- 7) J. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 15, no. 11, 1993.
- 8) A. K. Jain, A. Ross and S. Prabhakar. " An Introduction to Biometric Recognition", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image-and Video-Based Biometrics, Vol.14, 2004.
- 9) H. C. van Assen, M. Egmont-Petersen, and J. H. C. Reiber, "Accurate Object Localization in Gray Level Images Using the Center of Gravity Measure: Accuracy Versus Precision", IEEE Transition on Image Processing, vol. 11, 2002.
- 10) T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. "The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction", 2nd Ed. Springer, 2013, ISBN: 1489905189, 9781489905185.
- 11) Prof. Tieniu Tan. "(CASIA-IrisV4) Data Base", Center for Biometrics and Security Research, National Laboratory of Pattern Recognition, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, China. <http://english.ia.cas.cn/>.

Received	2016/12/21	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2017/02/23	قبول البحث للنشر

REFERENCES المراجع

- 1) John H. McDonald. "Hand Book of Biological Statistic", ©2008 by John H. McDonald, Sparky House Publishing Baltimore, Maryland.
- 2) Herbert Gross. "Human Eye: Handbook of Optical Systems: vol. 4 Survey of Optical Instruments.", Copyright © 2008 wiley-vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, ISBN: 978-3-527-40380-6
- 3) D. Choudhary, S. Tiwari, A. K. Singh "A Survey: Feature Extraction Methods for Iris Recognition". International Journal of Electronics Communication and Computer Technology Vol.2 No. 6, 2012.
- 4) Gupta, P., Mehrotra, H., and Rattani, A. "Iris recognition using corner detection". Proceedings of the 23rd International Biometric Conference, Montreal, Canada, 2006, 1-5.
- 5) N Singh, D Gandhi, K. P. Singh, "Iris recognition using Canny edge detection and circular Hough transform," International Journal of Advances in Engineering & Technology, May 2011.
- 6) Amel saeed Tuama, "Iris Image Segmentation and Recognition", International Journal of Computer Science Engineering Technology, vol-3 No.2 2012.