مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

استخدام نظام التعرف على الأشخاص بالاعتماد على تعابير الوجه في تصميم نظام التفقد الآلي للطلبة

الدكتور بلال شيحا*

(تاريخ الإيداع 28 / 10 / 2014. قُبِل للنشر في 10/ 12 / 2014)

□ ملخّص □

يقدم البحث تصميماً لنظام تفقد آلي للطلبة، يقوم النظام بالتقاط صورة للطالب ثم استخلاص ملامح الوجه الأساسية، تم تدريب الشبكة باستخدام خوارزمية الانتشار العكسي، إذ تم توليد قاعدة بيانات تدريبية لكل طالب، مكونة من 15 عينة تدريبية له لمرة واحدة في بداية الفصل الدراسي، كل عينة تحتوي تعابير الوجه اللازمة للتعرف على طالب، تُدرب الشبكة العصبونية على قاعدة بيانات الطلبة من أجل الحصول على شبكة عصبونية مدربة قادرة على التعرف على طلاب كل فئة بالاعتماد على ملامحهم، وبالتالي معرفة من حضر الجلسة ممن لم يحضر، تم تزويد النظام المصمم لهذا الغرض بالشبكة المدربة، يقدم النظام إمكانية إجراء التفقد الآلي للطلاب حسب فحوى الدراسة مع التنبيه في حال وجود صورة لطالب لا ينتمي لنفس المجموعة.

الكلمات المفتاحية: استخلاص الملامح، الشبكات العصبونية، الانتشار العكسي، معالجة الصورة.

* مدرس– قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين–اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

Using The System of Identifying People Based on their Facial Expressions to Design the Automated Checking System for Students

Dr. Bilal Chiha*

(Received 28 / 10 / 2014. Accepted 10 / 12 / 2014)

□ ABSTRACT □

The research presents a design for an automated checking system for students. The system takes a picture of the student, then it extracts his/her basic facial features. The network was trained using the reverse spreading algorithm. If a training database is generated for each student consisting of 15 training samples contained of the necessary facial expressions to identify the student for one time at the beginning of the semester, then the neural network will be trained on students database to obtain a trained neural network able to identify the students of each category depending on their physical appearance. That will result in knowing who attends and who does not attend the session. The system designed for this purpose was supplied with the trained network. The system provides the possibility of automated checking for students according to the content of the study giving the alarm in case of the existence of the picture of a student who does not belong to the same group.

Key words: Feature extraction, Neural networks NNs, Back propagation Bp, Image processing.

***Assistant Professor, Department of Computer and Automatic Control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تتسابق الشركات والمؤسسات والجامعات من أجل رفع وثوقية الأنظمة الخاصة بحضور موظفيها وطلابها، لذلك تُستخدَم الأنظمة الحاسوبية المؤتمتة لهذا الغرض بشكل كبير، إن عملية التفقد التقليدية أصبحت شيئاً من النسيان في الجامعات المتقدمة وذات الترتيب العالمي المرموق، كما أن الجامعات الأخرى تنحو منحى الأتمتة الحاسوبية الخاصة بالطلبة، وما يتعلق بهم من الأوراق الرسمية وتحضيرها، وساعد على تطوير هذه النظم إدخال مفهوم الذكاء الاصطناعي، الذي يعد فرع جديد من فروع المعرفة التي تمنح الحاسوب القدرة على التعرف والتمييز، وذلك بمحاكاة آلية التعلم عند الإنسان، بإيجاد نماذج وخوارزميات رياضية مختلفة لهذا الغرض.

تعد شبكة الانتشار الخلفي أحد أهم أنواع خوارزميات تدريب الشبكات العصبونية[2−1]، والتي تستخدم بشكل واسع في تدريب الشبكات العصبونية على التعرف والتمييز[1,3]، بما يخدم موضوع هذا البحث في تصميم نظام حاسوبي من أجل التفقد الآلي للطلبة بالاعتماد على تعابير الوجه وملامحه.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تسهيل عملية التفقد الخاصة بالطلاب، ومنع حدوث أي تجاوز من قبل الطلبة، واختصار الزمن اللازم لإجراء عملية التفقد بالشكل التقليدي، وكذلك تقليل التكاليف اللازمة للتفقد، والتي تتعلق بالأمور القرطاسية، وزيادة وثوقية عملية التفقد، وذلك بأتمتتها حاسوبياً.

تتجلى أهمية هذا البحث كونه يعتمد على الملامح والتعابير المأخوذة من صورة الطالب بشكل مباشر من أجل التفقد، دون الاعتماد على البطاقات الإلكترونية في أنظمة التفقد الإلكترونية، التي يمكن للطلبة أن تتبادل بطاقاتها فيما بينها عند استخدامها ، بالإضافة إلى أن البطاقات الإلكترونية قد يصيبها التلف أو الفقدان، وبالتالي باستخدام النظام المصمم في هذا البحث، يمكن زيادة وثوقية نظام التفقد المؤتمت، بالاعتماد على تعابير الوجه المستخلصة من صورة الطالب بشكل مباشر، ومنه منع حضور طالب عن آخر.

طرائق البحث ومواده:

تم إنجاز هذا البحث وفق المراحل التالية:

المرحلة الأولى: تصميم برنامج لإدارة قاعدة بيانات للطلبة، يمكن استخدامه لتحديث قاعدة البيانات مع بداية كل فصل جديد وتعديلها حسب الحاجة.

المرحلة الثانية: مرحلة معالجة صور قاعة البيانات لاستخلاص الملامح، كما توضح سابقاً هي مرحلة اقتطاع السمات ويمكن جعلها آلياً باستخدام برنامج opencv.

المرحلة الثالثة: إنشاء وتدريب الشبكة العصبونية باستخدام خوارزمية الانتشار العكسي من أجل التعرف على فئة محددة من طلبة.

المرحلة الرابعة: تنفيذ النظام واختباره.

4− شبكة الانتشار العكسي back propagation network

الشبكات العصبية الاصطناعية نموذج حسابي، آلية عمله مُستوحاة من طريقة عمل الجهاز العصبي البيولوجي عند الإنسان، تقدم الشبكات العصبية الاصطناعية نموذجاً فعالاً لتحليل وتصميم الأنظمة الذكية القادرة على التعرف

والتمييز، لمجموعة واسعة من التطبيقات العملية، تختلف كفاءة الشبكة باختلاف خوارزمية التدريب،[4–2] يطلق على الشبكة العصبونية التي تعتمد خوارزمية الانتشار العكسي شبكة الانتشار العكسي. تُعتبر خوارزمية الانتشار العكسي واحدة من أكثر الخوارزميات استخداماً لتدريب الشبكة العصبية، بسبب كفاءتها في حل العديد من المسائل والتطبيقات في مجالات التعرف والتمييز، من أجل تسهيل عملية برمجة شبكة الانتشار العكسي، يتم أخذ دخل الشبكة شعاع كما هو مبين بالعلاقة (1)

$$(1)\ X = [x_1, x_2, ..., x_L]$$

عدد عصبونات طبقة الدخل سيكون مساوٍ لعدد عناصر شعاع الدخل، وبالتالي سيكون لدينا L عصبون في الطبقة المخفية، شعاع خرج الشبكة العصبونية عبارة عن شعاع بطول n_i عدد الطلاب في الفئة i، كما هو مبين بالعلاقة (2)، وبالتالي ستكون طبقة الخرج مكونة n_i عصبون

$$(2)\ Y = [y_1, y_2, ..., y_{n_i}]$$

يتم أخذ $L + n_i$ عصبون من أجل الطبقة المخفية الثانية، أن خرج العصبون الأول من الطبقة الأولى (طبقة الدخل) y_{11} يعطى بالعلاقة (3) [5–4]،

$$(3)\ y_{11} = f\ (w_{111} x_1 + w_{211} x_2 + ... + w_{L11} x_L) = f\ (\delta)$$

حيث f : تابع التنشيط، w_{111} : الوزن الواصل بين الدخل الأول والعصبون الأول من الطبقة الأولى، w_{211} : الوزن الواصل بين الدخل الثاني والعصبون الأول من الطبقة الأولى، ... وهكذا، إذ يمثل الرقم الأول ترتيب الدخل، والثاني رقم العصبون، والثالث رقم الطبقة التي ينتمي لها العصبون، ومنه سيكون الرقم الأول يأخذ القيم ضمن المجال $[1, L]$ بالنسبة لطبقة الدخل وذلك لكافة عصبونات هذه الطبقة، و كذلك الأمر لعصبونات الطبقة المخفية، أما طبقة الخرج ضمن المجال $[1, L + n_i]$، أما الرقم الثاني سيأخذ القيم $[1, L]$ بالنسبة لطبقة الدخل، و $[1, L + n_i]$ للطبقة المخفية، و $[1, n_i]$ لطبقة الخرج، في حين الرقم الثالث رقم الطبقة $[1, 2, 3, ...k]$،

تتم عملية تعديل الأوزان أثناء مرحلة التدريب وفق المعادلة (4) [5–4]:

$$(4)\ w_{ljk}^{new} = w_{ljk} + \eta e \frac{df\ (\delta)}{de} y_{jk}$$

حيث:

w_{ljk}^{new}: الوزن الجديد بعد التعديل للدخل l والعصبون j والطبقة k.

η: معدل التعلم أو معدل التدريب.

e: الفرق بين الخرج الحالي والخرج المرغوب للشبكة.

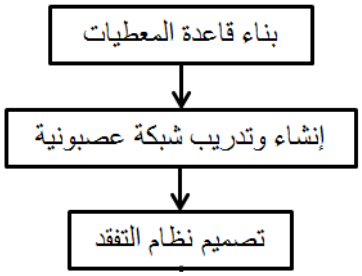
y_{jk}: خرج العصبون j من الطبقة k.

أما δ فهو دخل تابع التنشيط ويعطى بالعلاقة (3) [5-4].

موضح على الشكل (6) الذي يمثل الشبكة العصبونية المقترحة.

النتائج والمناقشة:

تم إجراء البحث وفق المخطط الصندوقي المبين بالشكل (1)، حيث تم إنشاء قاعدة معطيات مكونة من الملامح المقتطعة من صور الطلبة واللازمة للتعرف على الطلاب، وتدريب الشبكة العصبونية لتُستخدم في تصميم نظام التفقد.



الشكل(1) المخطط الصندوقي لمراحل تصميم النظام.

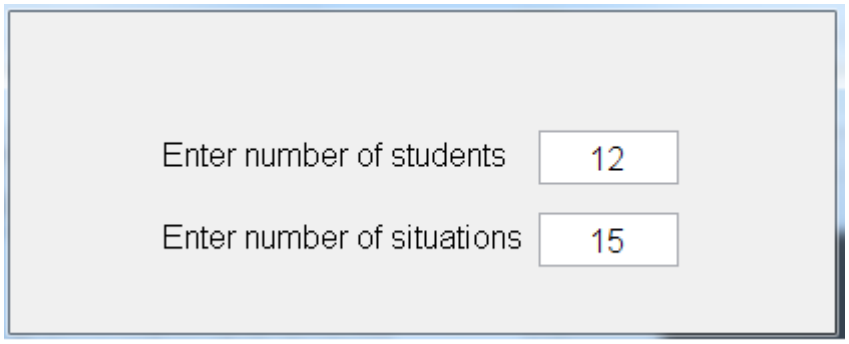
5-1- بناء قاعدة البيانات التدريبية

تم تصميم برنامج خاص لإدخال صور لكل طالب، كما تم اعتماد 15 نموذج مختلف لوجه الطالب الواحد، ومنه توجب التقاط خمسة عشرة صورة لكل طالب، وبما أن عدد طلاب الفئة الواحدة 12 طالب سيكون مجموعة صور قاعدة البيانات التدريبية 180 صورة للفئة الواحدة، وبما أنه يمكن أن يكون لدينا فئات قد تزيد أو تنقص عن 12 طالب، لذلك تم تصميم البرنامج بشكل ديناميكي، فإذا فرضنا أن عدد الفئات N فئة، و n_i عدد الطلاب في الفئة i، حيث $i=1,2,..,N$، ومنه سيكون عدد الصور الكلية المستخدمة TN لإيجاد البيانات التدريبية معطى بالعلاقة (6)

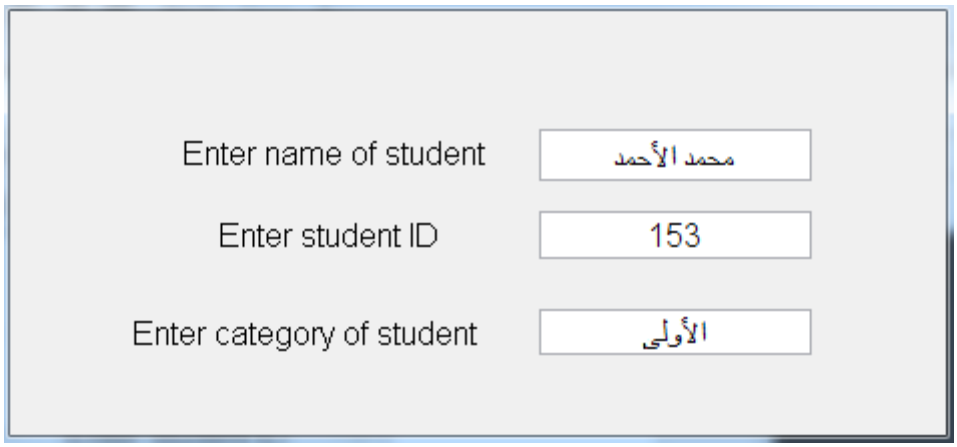
$$TN=\sum_{i=1}^{N} n_i m_i \quad (6)$$

حيث m_i: عدد الوضعيات لكل طالب في الفئة i

تمت عملية إيجاد قاعدة البيانات التدريبية، بتصميم برنامج لهذا الغرض، يبين الشكل (2) واجهة إدخال عدد الطلاب ووضعياتهم، إذ يتم إدخال n_i عدد الطلاب في الفئة i، وكذلك m_i عدد الوضعيات لكل طالب في الفئة i، فيقوم البرنامج بطلب اسم الطالب ورقمه الجامعي ورقم الفئة التابع لها، كما هو مبين في الشكل (3)، ثم التقاط صور بوضعيات مختلفة للطالب عددها m_i، وفي نهاية العمل يقوم البرنامج بعرض الصور الملتقطة وتصديرها لقاعدة بيانات خاصة بهذه الفئة، يبين الشكل (4) الصور المعروضة لأحد طلاب الفئة الأولى.

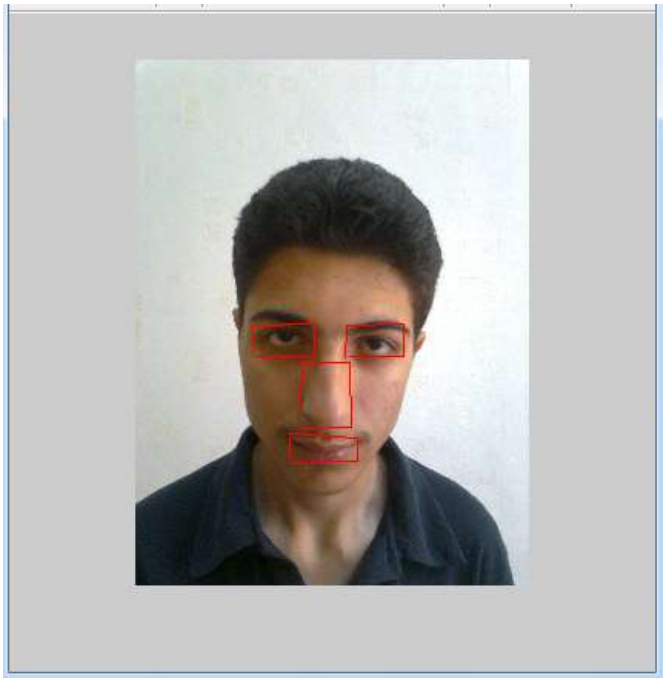


الشكل(2) واجهة إدخال عدد الطلاب ووضعياتهم (12 طالب لكل طالب 15 وضعية مختلفة).



الشكل(3) واجهة إدخال اسم الطالب ورقمه ومجموعته(محمد، رقمه 153، مجموعته الأولى)

الشكل(4) صور الطالب بوضعيات مختلفة.

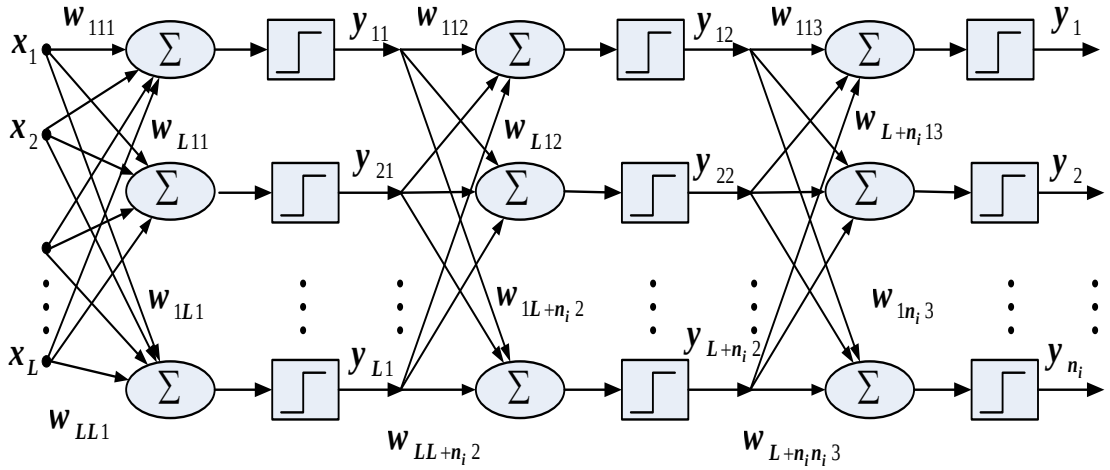


الشكل(5) تحديد ملامح وتعابير الوجه.

إن عملية التدريب على صورة الطالب كاملة تحتاج إلى زمن طويل، لأن حجم المعطيات كبير، لذلك تم اقتراح عملية التدريب على تعابير الوجه وملامحه كونها تأخذ حيزاً قليلاً، بمعنى آخر يتم تحديد البيانات المهمة لعملية التعرف على الطالب وتخصيصها في ملامح وتعابير الوجه الأساسية، وإهمال البيانات الغير مهمة، يمكن تقسيم الوجه لثلاث مناطق، تم تحديد التعابير الأساسية بالعينين والأنف والفم، يمكن تحديد أماكن التعابير الأساسية للوجه كالتالي: العينين أسفل الجزء العلوي والفم أعلى الجزء السفلي، والأنف في منتصف الجزء الأوسط كما هو موضح في الشكل(5) الذي يبين صورة أحد الطلاب وقد تم تحديد ملامحه الأساسية وفق إحداثيات معلومة مسبقاً أو عن طريق تحديد إحداثيات الاقتطاع عن طريق أحد برامج معالجة الصور أو اقتطاعها آلياً باستخدام برنامج opencv. إن عملية تقسيم الوجه لثلاث مناطق واستخلاص التعابير الأساسية للوجه يمكن أن تتم يدوياً باستخدام أحد برامج معالجة الصور ولمرة واحدة فقط عند تشكيل قاعدة البيانات التدريبية، حيث بعد التقاط 15 صورة لكل طالب، يتم تحديد العينين والأنف والفم من كل صورة، وتحويل قاعدة البيانات التدريبية للطالب من صورة الوجه كاملاً إلى صورة المعالم الأساسية له، إذ تم في البداية إتباع هذه الطريقة، لكن أثناء طور التنفيذ ووضع الشبكة قيد العمل، أُعتمِدَ مسند تثبيت الرأس من أجل التقاط الصورة ضمن موقع محدد، وبالتالي تُصبح إحداثيات الاقتطاع معلومة مسبقاً، وتتم عملية استخلاص الملامح الأساسية بناءً على هذه الإحداثيات، كما يمكن استخدام هذا المسند أثناء عملية بناء قاعدة المعطيات التدريبية. بما أن الوجه متناظر لذلك تم أخذ نصف البيانات المحددة للتعابير الأساسية وهي نصف الأنف ونصف الفم وأحد العينين، وذلك بغية اختزال حجم البيانات التدريبية وبالتالي التقليل من زمن التدريب.

5-2- الشبكة العصبونية المقترحة:

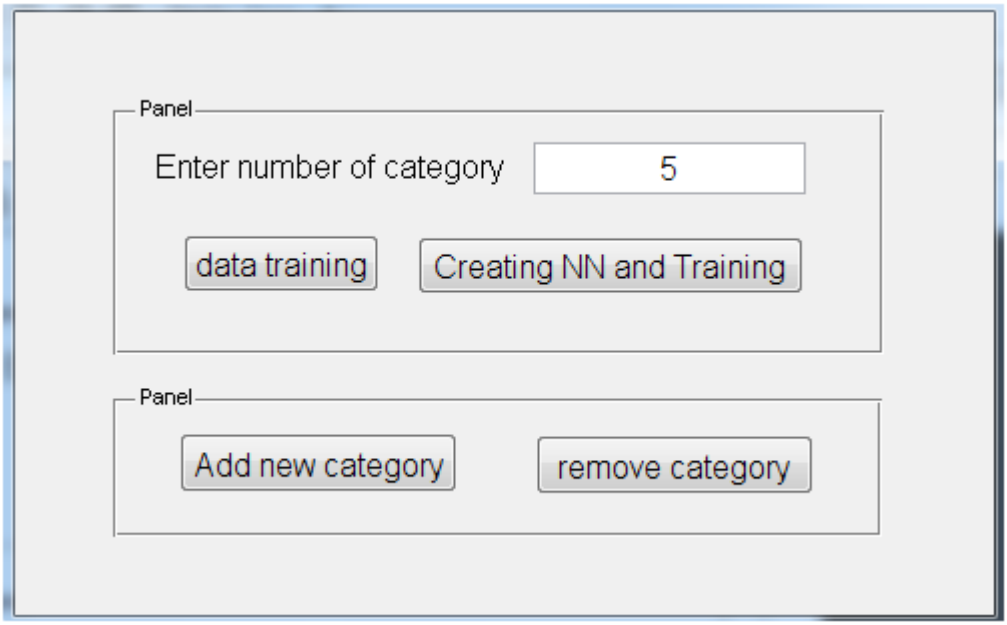
تم اقتراح شبكة عصبونية مكونة من طبقة دخل وطبقة مخفية وطبقة خرج أي $k=3$ كما هو مبين بالشكل(6)، تكون الصورة الرقمية في الحاسوب ممثلة على شكل مصفوفة ثلاثية الأبعاد، يتم تحويل مصفوفات صور الملامح و التعابير من الشكل المصفوفي إلى الشكل الشعاعي، وذلك بإعادة ترتيب قيم المصفوفات وتخزينها في مصفوفة أحادية البعد بدلاً من مصفوفة ثلاثية البعد، إذ تكون مصفوفة الصورة الملونة من نوع RGB بالأبعاد $n\times m\times 3$ فتصبح عبارة عن شعاع بطول $L=n\times m\times 3$، إن الصور التي تم استخدامها بأبعاد 120×80 وبالتالي حجم صورة العين 32×20 وصورة الأنف 22×40 والفم 18×30 وبالتالي سيكون $L=1030$ ، أي أن شعاع الدخل هو الشعاع الممثل للصورة وبطول 1030 وعدد عصبونات الدخل 1030 عصبون إن عدد عصبونات الخرج مساو لعدد الطلاب في الفئة الواحد وهو 15 عصبون، في حين عدد عصبونات الطبقة المخفية 1045 عصبون.



الشكل(6) بنية الشبكة العصبونية المقترحة، $L=1030$ ، $n=15$.

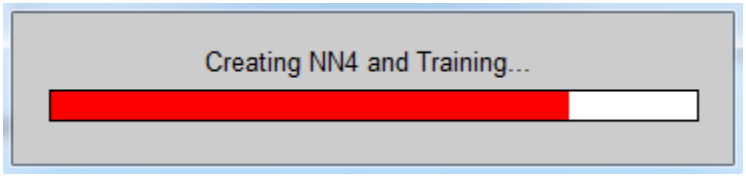
5-3- تنفيذ النظام واختباره

تم تنفيذ النظام بحيث يمكن من خلاله إنشاء قواعد بيانات تدريبية لعدد غير محدد من الفئات، وتصميم شبكات عصبونية للتعرف على الطلبة، كل فئة على حدا، بعد إنشاء شبكة عصبونية لكل قاعدة بيانات تدريبية خاصة بفئة محددة، تُدرَب هذه الشبكة المبنية للتعرف على طلبة الفئة، نبين في الشكل(7) الواجهة المصممة للنظام، إذ يتم إدخال عدد الفئات $N=5$ ، و بالضغط على data training، يقوم البرنامج باستدعاء واجهة إدخال عدد الطلاب ووضعياتهم المبينة في الشكل (2) – التي بدورها تقوم باستدعاء الواجهة المبينة في الشكل (3) وتعطي صور الفئة الواحدة – N مرة لإنشاء N قاعدة بيانات تدريبية.



الشكل(7) واجهة برنامج النظام.

كل قاعدة خاصة بفئة محددة، ويكون عدد صور البيانات التدريبية لكافة قواعد التدريب معطى بالعلاقة (1)، أما بالضغط على Creating NN and Training تُنشأ N شبكة عصبونية، كل واحدة خاصة بالتعرف على طلاب فئة واحدة فقط، تمت عملية برمجة هذه المراحل ببرنامج Matlab إصدار 2013، نبين بالشكل (8) آلية إنشاء $N=5$ شبكة عصبونية، كما صُمم البرنامج بحيث يمكن إضافة مجموعة جديدة بالضغط على Add new category، إذ يستدعي الواجهة المبينة بالشكل(2) مرة واحدة، وكذلك لحذف مجموعة ما بالضغط على remove category.



الشكل(8) عملية تصميم وتدريب $N=5$ شبكة عصبونية (إتمام الشبكة الرابعة).

5-4- عملية التفقد الألي

بعد تصميم الشبكات العصبونية المعدة لإجراء التفقد للفئات، وتصميم البرنامج التنفيذي، المبين في الشكل(9)، إذ يقوم البرنامج بالتقاط صورة الطالب الذي يريد حضور الجلسة، وإدخال هذه الصورة إلى الشبكات العصبونية المدربة للتعرف على كافة الفئات (في حالتنا المدروسة $N=5$)، ومنه يكون لدينا خمسة أشعة خرج من الشكل المعطى

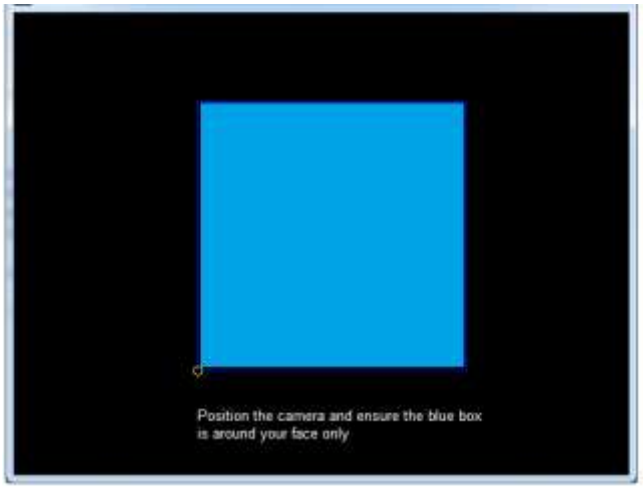
بالعلاقة (3)، يتم من خلالها تشكيل مصفوفة التحديد M المكونة من N سطر ($N=5$) و n_i عمود($n_i=12$)،

$$M=\begin{pmatrix} y_1 & y_2 & \cdots & y_{ni} \\ y_1 & y_2 & \cdots & y_{ni} \\ y_1 & y_2 & \cdots & y_{ni} \\ y_1 & y_2 & \cdots & y_{ni} \\ y_1 & y_2 & \cdots & y_{ni} \end{pmatrix}$$

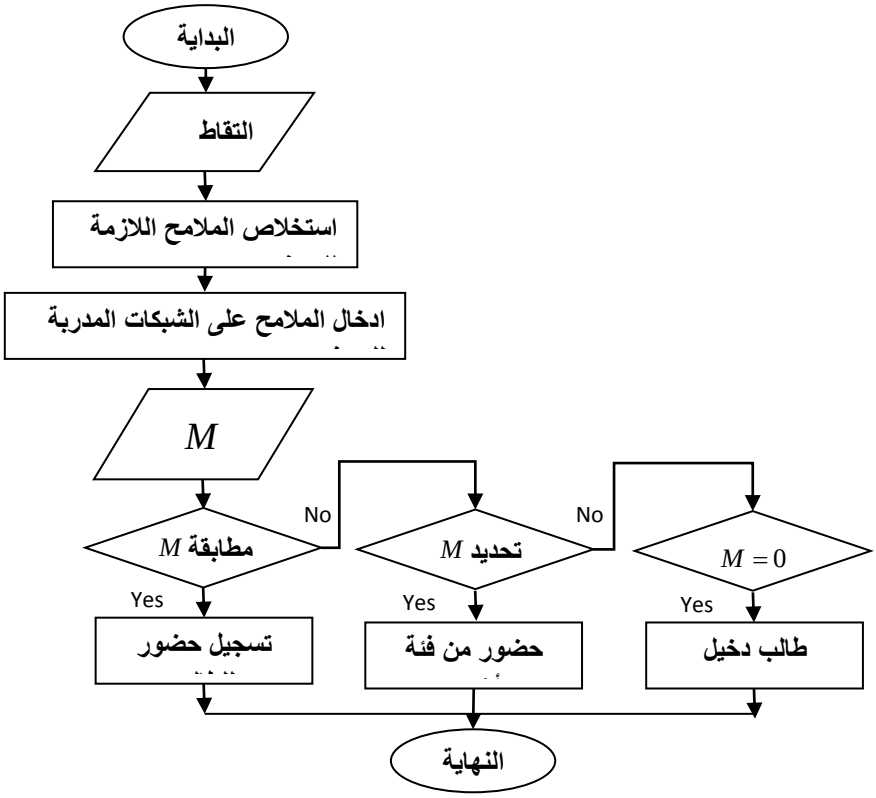
أما قيم عناصر المصفوفة تكون أصفار ماعدا قيمة واحدة، دليل السطر لهذه القيمة يشير للفئة التي ينتمي لها الطالب، في حين الدليل العامودي يشير لترتيب الطالب في هذه الفئة، فمثلاً في حال تم أخذ التفقد للطالب الأخير في الفئة الثالثة ستكون M معطاة بالشكل:

$$M=\begin{pmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

يمكن معرفة الرقم الجامعي للطالب عن طريق هذين الدليلين، باستخدام جدول الأرقام الجامعية المصمم للطلبة، بحيث يتطابق مع شكل مصفوفة التحديد، ومن خلال الرقم الجامعي يتم معرفة كافة بيانات الطالب بالرجوع لقاعدة بيانات الطالب، أما في حال عدم تطابق رقم الفئة المحددة مع رقم الفئة التي يُأخذ لها التفقد، يعطي البرنامج تنبيه بأن هناك حضور لطالب في غير الموعد المحدد له، التي قد تكون حالة حضور طالب عن آخر، في حال كانت جميع قيم عناصر مصفوفة التشكيل أصفار، سيعطي البرنامج تنبيه بأن هناك دخيل من خارج الفئات، كما هو مبين في المخطط التدفقي لمراحل التعرف في الشكل (10).



الشكل(9) البرنامج التنفيذي على أن تكون الصورة الملتقطة ضمن المربع.



الشكل(10) المخطط التدفقي لمراحل التعرف.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم تصميم نظام لإجراء عملية التفقد المؤتمتة بالاعتماد على تقنيات معالجة الصورة الرقمية و الشبكات العصبونية و ذلك من خلال بناء قاعدة بيانات مؤلفة من الصور الملتقطة للطلاب المراد إجراء التفقد لهم بحيث يكون لكل طالب 15 صورة بوضعيات مختلفة، الشكل (4). و باعتبار وجود 5 فئات و كل فئة مؤلفة من 12 طالب، يكون حجم قاعدة البيانات هو 900 صورة. وبعد ذلك تم تحديد السمات الأساسية لصورة الوجه في الوضعيات المختلفة و التي تعتبر مدخلات الشبكة العصبونية المصممة لغرض إجراء التفقد الآلي بواقع شبكة عصبونية لكل فئة. على أن يكون عدد مخارج كل شبكة يساوي عدد الطلبة ضمن الفئة. و تم تدريب الشبكات العصبونية باستخدام خوارزمية الانتشار العكسي، وعند اختبار النظام المقترح تم الحصول على النتائج الآتية:

نجح النظام المقترح بإجراء عملية التفقد بشكل ناجح و لجميع الحالات، و يعود ذلك للدقة في التقاط الصور و التأكيد على جميع الطلبة أخذ وضعيات مناسبة.

لا تؤثر تغيرات حالة الطالب على إمكانية التعرف عليه عند استخدام تعابير الوجه وذلك لأنه الملامح الأساسية للشخص لا تتغير سواء أكان الطالب ملتحي أم لا كما هو مبين في الشكل(11).

جميع الصور التي لم ينجح النظام في التعرف عليها كانت صور لوضعيات غير صحيحة كإغماض العينين.

استطاع النظام كشف الطلاب الذين لا ينتمون لأي فئة (قيم عناصر مصفوفة التحديد له أصفار).

يتميز النظام بثباته كونه يعتمد على ملامح صورة وجه الطالب و بالتالي تم القضاء على مشكلة تزوير البطاقات الجامعية أو فقدانها.

و مما سبق يمكن استنتاج الآتي:

زيادة عدد العينات التدريبية للطالب الواحد (الوضعيات المختلفة) تؤدي لزيادة نسبة التعرف، لكن ذلك يؤدي لزيادة في زمن التدريب.

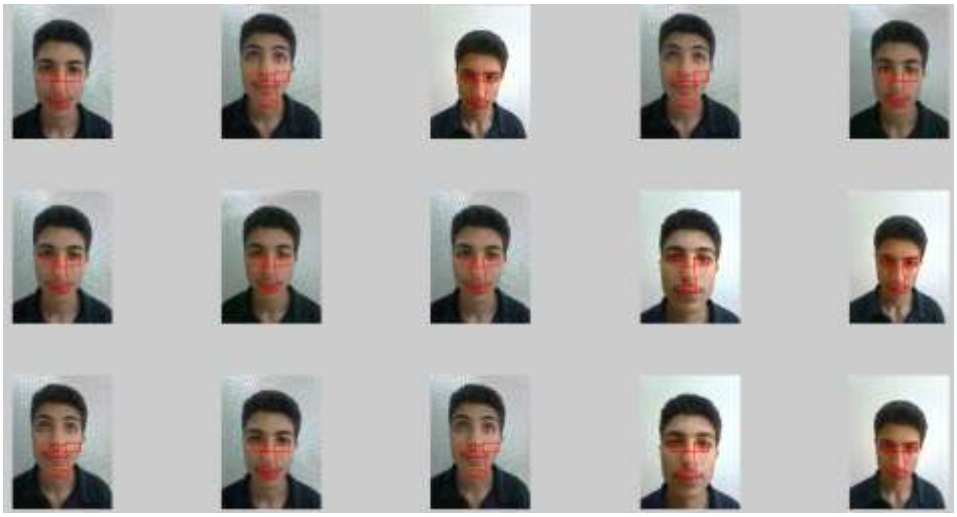
ضرورة تحديد منطقة التقاط الصورة مع وجود خلفية تصوير ثابتة للطالب ويفضل أن تكون بيضاء.

لابد من وجود جدول بالأرقام الجامعية للطلبة مطابق لشكل مصفوفة التحديد.

يتم الاعتماد على الملامح الأساسية للصورة من أجل إجراء عملية التعرف عليها وذلك بأخذ نصف تعابير الوجه.

لا بد من وضع مسند تثبيت لالتقاط صورة الطالب وذلك منعاً من حدوث حالات اقتطاع غير الملامح الأساسية بسبب بعض الانزياح كما هو مبين بالشكل(12)، وذلك إثناء وضع الشبكة قيد العمل بعد التدريب، أما في حالة التدريب تم تلافي هذه المسألة بإجراء اقتطاع باستخدام أحد برامج التصميم.

الشكل(11) الملامح والتعابير الأساسية لا تتغير بوجود لحية.



الشكل(12) انزياح أماكن اقتطاع التعابير الأساسية.

المراجع:

[1] Nawi, Nazri. Mohd. ;Khan, Abdullah. ; Rehman, M.Z. , A New Levenberg Marquardt based Back Propagation Algorithm Trained with Cuckoo Search, Maturitas Procedia Technology. Volume 11, 2013,Pages 18-23

[2] Sridevi, K.; Sivaraman, E.; Mullai, P.; Back propagation neural network modelling of biodegradation and fermentative biohydrogen production using distillery wastewater in a hybrid upflow anaerobic sludge blanket reactor, Bioresource Technology, In Press, Corrected Proof, 2014,Available online 27 March

[3] Fiszelew, A.; Britos, P.; Perichisky, G.; García-Martínez, R, Automatic Generation of Neural Networks based on Genetic Algorithms .Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, 2003, 2(1), 1-7 .[19]

[4] Sammany, M.; Abd-Elal, L .F.; Ismail, A .I., Sweilam; N .H, Studying the Neural Networks and Mathematical Applications, "MSc Thesis in Computational Mathematics : [2006]" . (Cairo University -Cairo, Egypt) (25).

[5] Jeremy, Kun., Neural Networks and the Backpropagation Algorithm, Math ∩ Programming Posted on December 9,2012

[6] Aliaa A. A. Youssif., Automatic Facial Expression Recognition System Based on Geometric and Appearance Features, Computer and Information Science Vol. 4, No. 2; March 2011.

[7] Anju K Sadasivan, T.Senthilkumar., Automatic Character Recognition in Complex Images, Procedia Engineering 30 (2012) 218 – 225.