

التشخيص الآلي لأمراض القلب بالاعتماد على معالجة صور إشارات ECG وتقنيات الذكاء الصناعي

الدكتورة مريم محمد ساعي*

جينا مهنا**

تاريخ الإيداع 10 / 6 / 2015. قُبل للنشر في 20 / 4 / 2016

□ ملخص □

أدى دخول الحاسب إلى العديد من المجالات، كالمجال الطبي، إلى تطوير تقنيات جديدة أدت إلى ازدهار هذه المجالات، مما ساعد الأطباء في كشف وتشخيص الأمراض بدقة ومصادقية، حيث تؤدي خبرة الطبيب بالإضافة إلى دقة الحاسب للوصول إلى مصادقية تشخيص عالية كما تساهم بشكل كبير في نجاح الجراحات العلاجية وإنقاذ كثير من الأرواح.

يهدف البحث إلى اقتراح طريقة جديدة لاكتشاف وتصنيف أمراض القلب في صور إشارات ECG وذلك باستخدام نظام الاستدلال العصبي الضبابي المتكيف ANFIS.

تم تطبيق الطريقة المقترحة على قاعدة بيانات لصور إشارات ECG تتكون من 147 صورة تصاحبت كل منها مع التقرير الطبي المرافق، حيث استخدمت التقارير الطبية للتحقق من صحة الاكتشاف والتصنيف وقد حققت هذه الطريقة دقة عالية وصلت حتى 97% في عملية الاكتشاف والتصنيف.

تم بناء النظام المقترح باستخدام برنامج MATLAB وذلك بالاعتماد على كل من مكتبات معالجة الصورة والشبكات العصبية والمنطق الضبابي.

الكلمات المفتاحية: إشارات ECG، تقنيات الذكاء الصناعي، نظام الاستدلال العصبي الضبابي المتكيف ANFIS، برنامج MATLAB، المنطق الضبابي.

* أستاذ مساعد - كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
** طالبة ماجستير - كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

Automated Diagnosis for Cardiac Diseases Based on ECG Signals Image Processing and Artificial Intelligence Techniques

Dr.Mariam Mohammad Saai*
Jina Mhanna**

(Received 10 / 6 / 2015. Accepted 20 / 4 / 2016)

□ ABSTRACT □

The entry of computer to many areas, such as medical field, led to develop new technique that has led to the prosperity of these areas, and helped doctors to detect and diagnose diseases accurately and credibility, where the experience of the doctor in addition to the accuracy of computer lead to access to the credibility of high patient and save human lives.

A new approach for cardiac diseases detection and classification in ECG signals images is proposed using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System ANFIS.

The proposed approach is applied on database containing (147) ECG images, each of them accompanied with its medical report. The medical reports were used to validate the detection and classification.

The proposed method achieved a relatively high accuracy (97%) in detection and classification processes.

The proposed approach is developed using MATLAB, and based on its libraries, image processing, neural network and fuzzy logic.

Keywords: ECG signals, Adaptive Neuro Fuzzy Inference System ANFIS, MATLAB program , Fuzzy Logic, Neuro Fuzzy.

* Assistant Professor; Faculty of Electrical & Mechanical Engineering; University of Tishreen; Lattakia; Syria.

** Postgraduate student; Faculty of Electrical & Mechanical Engineering; University of Tishreen; Lattakia; Syria.

مقدمة:

يحظى الكشف والتشخيص الآلي لأمراض القلب باهتمام عالٍ من قبل الباحثين والعاملين في المجال الطبي والهندسي، حيث يتطلب استخدام الحاسب في هذه العملية دقة عالية كونه يتعلق بحياة البشر، فالأجهزة الحاسوبية والمعدات الحديثة أصبحت تستخدم بشكل كبير في المؤسسات الطبية، وذلك لكونها تساعد في تحسين جودة التشخيص البشري وتقليل نسبة الخطأ إلى أقل ما يمكن، لذا فإن وجود برمجيات جيدة تقوم بمساعدة الأطباء في المؤسسات الطبية أصبح حاجة ملحة وخصوصاً في هذه الأيام.

وهذا البحث يبحث في اقتراح طريقة جديدة لاكتشاف وتصنيف أمراض القلب في صور إشارات ECG (Electrocardiography) وذلك باستخدام نظام الاستدلال العصبي الضبابي المنكيف ANFIS [1, 2, 3]. تتضمن هذه الطريقة ثلاث مراحل أساسية إذ يتم في المرحلة الأولى إدخال صور الإشارات الكهربائية للقلب وتحويلها إلى شكل يناسب المعالجة الرقمية في حين تم المعالجة المسبقة للصور من أجل إزالة الضجيج، يتم في المرحلة الثانية استخراج السمات التي سيتم الاعتماد عليها في التصنيف والتشخيص، أما المرحلة الثالثة فتتضمن التمييز بين الصور الطبيعية وغير الطبيعية من خلال خوارزمية ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) وذلك عند طريق بناء شبكة عصبية ضبابية [4]. تم بناء النظام باستخدام برنامج MATLAB وذلك بالاعتماد على كل من مكتبات معالجة الصورة والشبكات العصبية والمنطق الضبابي [5,6,7].

تم إنجاز العديد من الأبحاث والدراسات من أجل تحقيق تشخيص محوسب عالي الدقة لأمراض القلب بحيث يكون هذا التشخيص مساعداً للطبيب باختصار للوقت والجهد اللازمين لعملية تشخيص الكميات الكبيرة من الصور الطبية حيث قام Dr. Prasad و Srivastava بدراسة تصنيف دقات القلب المعتمدة على صور إشارات ECG حيث اعتمدوا على استخدام برمجة MATLAB لتظهر المعالجة المسبقة قبل عملية استخلاص السمات، كما استخدموا نظام غيمي _ عصبي Neuro _ Fuzzy لتحليل المعطيات وتصنيفها [8].

قام أيضاً Dr.Limaye وآخرين بالتعرف على صور إشارات ECG غير الطبيعية باستخدام طريقة Neuro Fuzzy حيث تناولوا فكرة اكتشاف عدم انتظام دقات القلب بالاعتماد على تقنيات التحويل المويجي واستخدموا لذلك نظام غيمي - عصبي Neuro Fuzzy [9].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تصميم نظام آلي لاكتشاف أمراض القلب في صور إشارات ECG من خلال تصميم برمجيات قادرة على التعامل مع تلك الصور الحاوية على نسبة عالية من الضجيج والموصوفة بدرجة تعقيدها المرتفعة، وإمكانية استخلاص السمات المرغوبة منها وذلك بهدف مساعدة الطبيب على تكوين تصور أعمق عن تصنيف المرض، فوجود برنامج قادر على التغلب على تلك المصاعب يمكن الطبيب من قراءة أصح وأوضح للصور الطبية مما يحسن من أداء وموثوقية التشخيص بشكل عام.

طرائق البحث ومواده:

يعتبر بناء الشبكة العصبية وتدريبها واختبارها ذا أهمية كبيرة في مجال الاكتشاف والتصنيف لصور ECG، إذ يتم دراسة النظرية الأساسية لنظام الـ Neuro Fuzzy وهذا يشمل دراسة نظام الاستدلال العصبي الضبابي المتكيف (ANFIS) (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) وتطبيقه وكذلك استخراج السمات المستخدمة في تصنيف أمراض القلب.

3-1 نظام الاستدلال العصبي الضبابي المتكيف (ANFIS): [17,18]

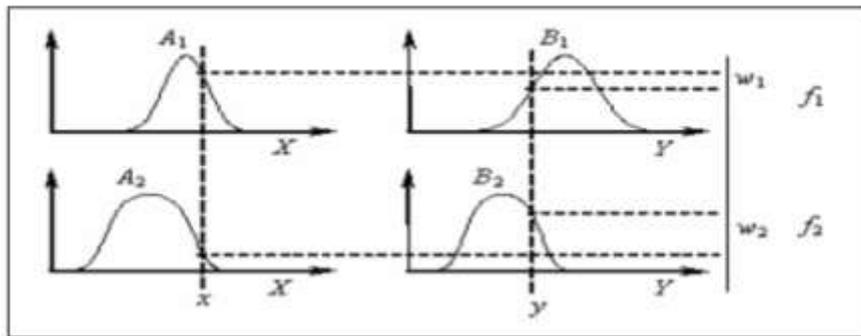
هو مزيج من الشبكات العصبية الاصطناعية والأنظمة الضبابية بحيث يتم استخدام خوارزميات الشبكات العصبية الاصطناعية لتحديد بارامترات النظام الضبابي. تقلل ANFIS إلى حد كبير من الجهد المبذول في التحسين اليدوي لبارامترات النظام الضبابي حيث تستخدم الشبكات العصبية لضبط الأتوماتيكي لبارامترات النظام مثلاً حدود توابع العضوية والتي تقود لتحسين الأداء بدون تدخل المشغل.

تعد ANFIS تقنية تعلم مختلطة وتستخدم لتسهيل عملية التعلم والتكيف حيث تقوم ANFIS بتعلم الميزات في مجموعة البيانات ويقوم بضبط بارامترات النظام وفقاً لمعيار الخطأ المعطى. ولقد تم تسجيل العديد من التطبيقات الناجحة والهامة لتقنية ANFIS في مجال الهندسة الطبية الحيوية وذلك في عمليات التصنيف (classification) وتحليل البيانات (data analysis). تساعد هذه الخوارزمية إلى حد كبير في تحسين بارامترات النظام الضبابي باعتبار أن الشبكات العصبية تقوم بالضبط الأتوماتيكي لبارامترات النظام.

تعتمد بنية نظام ANFIS على نظام sugeno الضبابي حيث تم وضعه في إطار عمل الأنظمة المتكيفة لتسهيل عمليات التعلم والتكيف من قبل Jang عام 1993 [10]. مما يجعل من نمذجة ANFIS أكثر منهجية وأقل اعتماداً على معرفة الخبراء، ولعرض بنية ANFIS هناك قاعدتان ضبابيتان تؤخذان بعين الاعتبار:

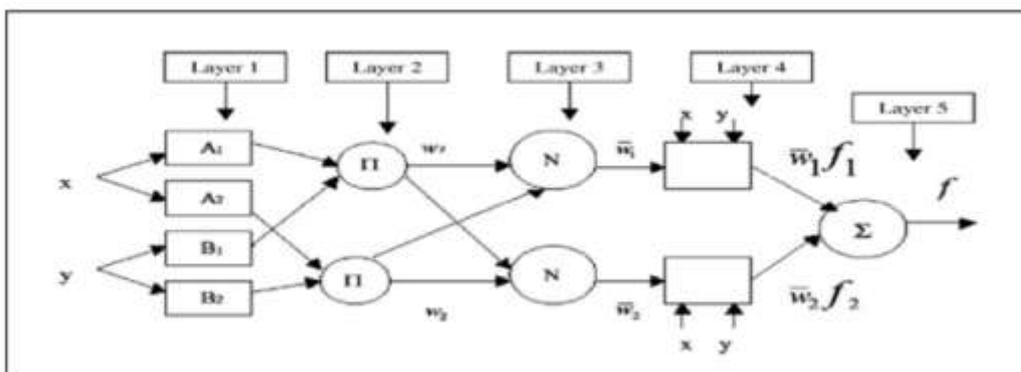
1. If x is A_1 and y is B_1 , then $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$
2. If x is A_2 and y is B_2 , then $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

حيث x و y هي مداخل A_i و B_i هي مجموعات ضبابية، f_i هي المخرجات في المنطقة الضبابية المحددة بواسطة القاعدة الضبابية و p_i, q_i, r_i هي بارامترات التصميم التي يتم تحديدها أثناء عملية التدريب، والشكل (1) يوضح آلية الاستدلال لنموذج sugeno الذي يعد أساس نموذج ANFIS.



الشكل (1) نموذج نظام sugeno الضبابي بمدخلين وبقاعدتين ضبابيتين.

إن بنية ANFIS لتطبيق هاتين القاعدتين تظهر في الشكل (2-4) حيث تدل الدائرة على عقدة ثابتة بينما يدل المربع على عقدة متكيفة.
 إن نظام الاستدلال العصبي الضبابي المتكيف يتكون بشكل أساسي من بنية مكونة من خمس طبقات حيث يوضح الشكل (2) بنية شبكة ANFIS.



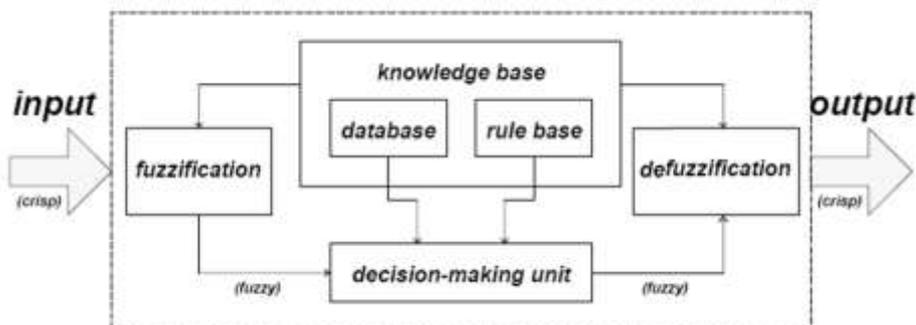
الشكل (2) بنية ANFIS .

نظام الاستدلال العصبي الضبابي FIS: [1]

وهي عبارة عن تطبيق نظام الاستدلال الضبابي fuzzy inference system (FIS) على الشبكات العصبية المتكيفة لتطوير القواعد الضبابية fuzzy rules بتوابع عضوية مناسبة للوصول إلى الدخل والخرج المطلوب. تعد FIS أداة حساب أساسية وشائعة الاستخدام في قواعد if-then الضبابية وتشكيل عناصر الاستنتاج الضبابي باستخدام النظرية الضبابية fuzzy theory .

تتكون FIS بشكل أساسي من خمسة مكونات جزئية:

- 1- القواعد الضبابية: (Fuzzy rules)
 - 2- قاعدة البيانات: (database) وتضم توابع العضوية للقواعد الضبابية المحددة.
 - 3- وحدة اتخاذ القرار: (decision making unit) تنفذ الاستدلال على القواعد الضبابية المحددة.
 - 4- تحول بيانات الدخل إلى مجموعات ضبابية: (fuzzification)
 - 5- تحول المعلومات الضبابية إلى قيمة حقيقية: (defuzzification)
- يبين الشكل (3) بنية نظام الاستدلال الضبابي fuzzy inference system (FIS).

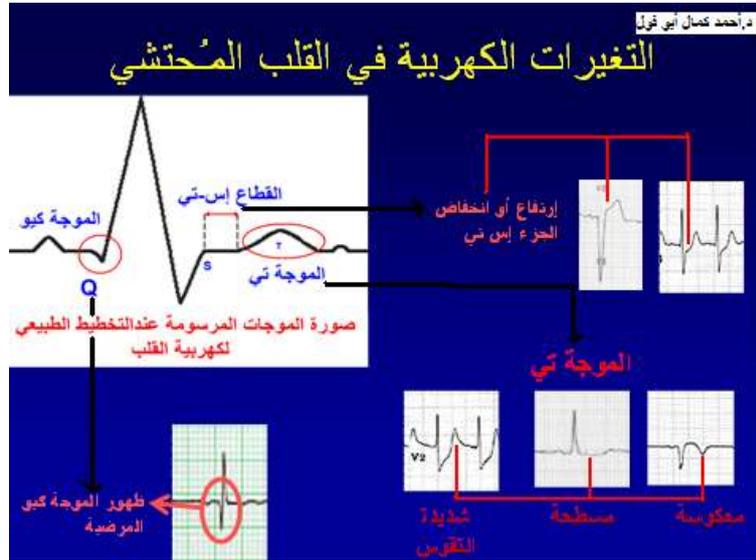


الشكل (3) بنية نظام FIS.

2-3 أمراض القلب:

مرض الأزمة القلبية يعتبر من أكثر الأمراض شيوعاً، وقد يفقد المريض حياته إذا لم يتم تشخيصه وعلاجه بسرعة وبالشكل الصحيح ومن الأمراض القلبية الشائعة:

- احتشاء العضلة القلبية [11] Myocardial Infarction
- يوضح الشكل (4) التغيرات الكهربائية في القلب المحتشي.



الشكل (4) التغيرات الكهربائية في القلب المحتشي.

فتكون التغيرات الكهربائية كما يلي:

- 1- ظهور الموجة Q المرضية أي انخفاض الموجة Q.
- 2- ارتفاع أو انخفاض ST.
- 3- انعكاس الموجة T أو الموجة T شديدة التقوس أو مسطحة (إنعدام الموجة T).

• الرجفان الأذيني [12] Atrial Fibrillation

يوضح الشكل (5) التغيرات الكهربائية في مرض الرجفان الأذيني



الشكل (5) التغيرات الكهربائية في مرض الرجفان الأذيني.

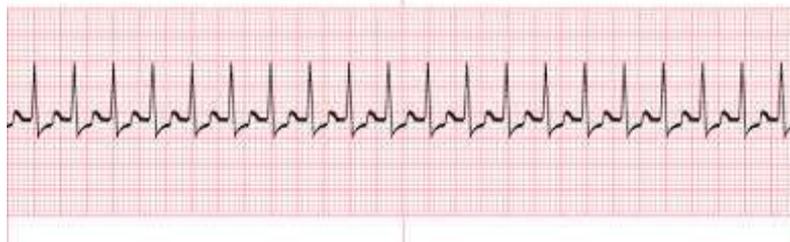
يظهر الشكل التغيرات الكهربائية كما يلي:

- 1 - عدم وجود الموجة (P wave) واستبدالها بموجات رجفية صغيرة (Fibrillatory waves) وتسمى موجة P في هذا الوقت (F waves).

2 - عدم انتظام المسافة بين موجات (R-R interval).

• التسرع الوصلي Impulsive Junctional [13,14]

يوضح الشكل (6) التغيرات الكهربائية في مرض التسرع الوصلي



الشكل (6) التغيرات الكهربائية في مرض التسرع الوصلي.

يظهر الشكل التغيرات الكهربائية كما يلي:

1 - عدم وجود الموجة (P wave).

2 - انتظام المسافة بين موجات (R-R interval).

3-3 قاعدة البيانات:

تم استخدام 147 صورة من صور ECG في مرحلة بناء الشبكة وتدريبها واختبارها تم الحصول عليها من

مستشفى الأسد الجامعي وزعت على الشكل التالي:

مجموعة بيانات التدريب (Train dataset): 62 عينة لتدريب الشبكة العصبية عليها، حيث تم اختيار عينات

تحتوي على عدد كاف من أنواع الأمراض لضمان تدريب الشبكة بشكل جيد.

مجموعة بيانات التحقق (checking dataset): 85 عينة حيث تم اختيار أقرب العينات إلى مجموعة بيانات

التدريب وبحيث تكون نسبة الضجيج فيها قليلة عن أشعة السمات التي تم تدريب الشبكة عليها بغاية التحقق من قدرة

الشبكة على التعميم وقابليتها للتطبيق على عينات لم يتم تدريب الشبكة عليها ويمكن للتأكد من ذلك من خلال فحص

خطأ التحقق Checking Error.

4- نظام التشخيص الآلي لأمراض القلب:

يبين الشكل (7) مخطط صندوق يوضح مكونات نظام التشخيص الآلي المقترح ودخل وخرج كل مرحلة

والذي يتكون من المراحل الآتية:

1 - المعالجة الأولية للصورة.

2 - عزل الصورة عن الخلفية.

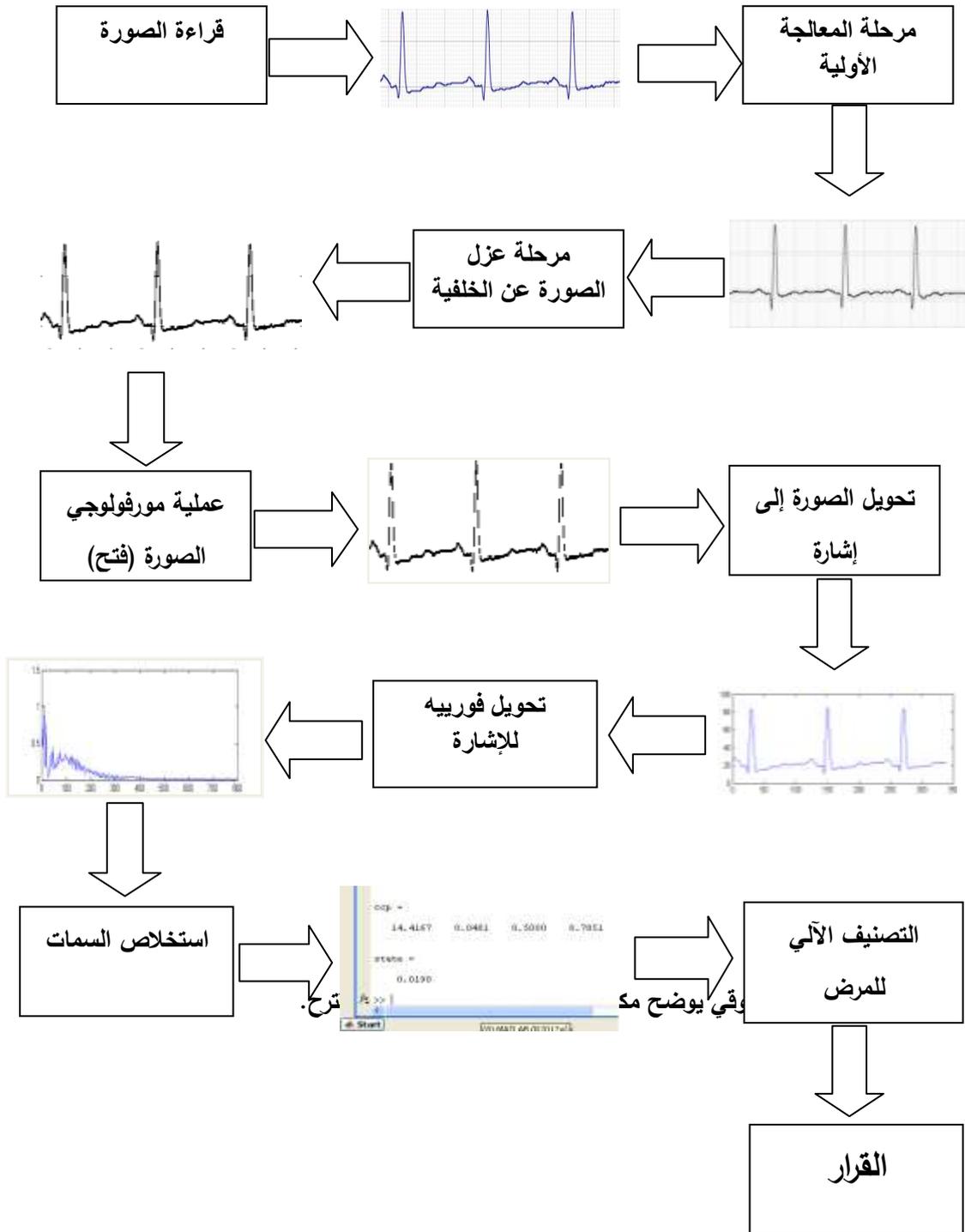
3 - عملية مورفولوجي الصورة (فتح).

4 - تحويل الصورة إلى إشارة.

5 - تحويل فورييه للإشارة .

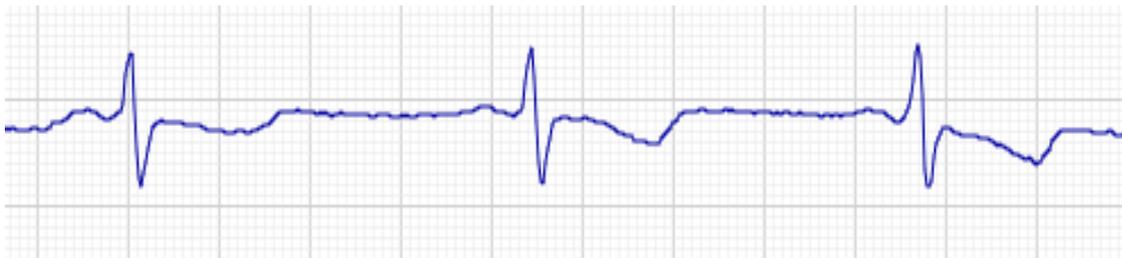
6 - استخراج السمات [16].

7 - التصنيف الآلي للمرض.



1-4 المعالجة الأولية لصور ECG:

يبين الشكل (8) صورة من قاعدة بيانات خاصة بأحد المرضى.



الشكل (8) صورة من قاعدة بيانات خاصة بأحد المرضى.

بغية إزالة الضجيج الذي يوجد في صور ECG تم استخدام فتر وبنر لإزالة الضجيج الموجود في صور ECG كونه من أكثر المرشحات التي أعطت نتيجة جيدة، حيث أن الصورة الناتجة عن تطبيق المرشح وبنر قد ازداد تباينها وتعززت تفاصيلها، يبين الشكل (9) الصورة الناتجة عن تطبيق المرشح وبنر.



الشكل (9) الصورة الناتجة عن تطبيق المرشح وبنر.

2-4 مرحلة عزل صورة ECG عن الخلفية:

قمنا في هذه المرحلة بعزل الصورة عن الخلفية، يوضح الشكل (10) الصورة بعد عزلها عن الخلفية.



الشكل (10) الصورة بعد عزلها عن الخلفية.

3-4 عملية مورفولوجي الصور (فتح):

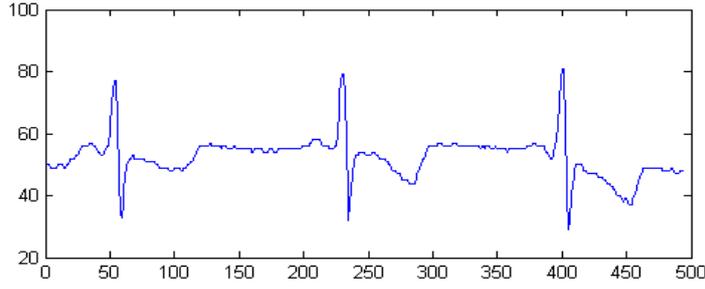
يبين الشكل (11) عملية الفتح المطبقة على صورة ECG.



الشكل (11) عملية الفتح المطبقة على صورة ECG.

5-4 مرحلة تحويل الصورة إلى الإشارة:

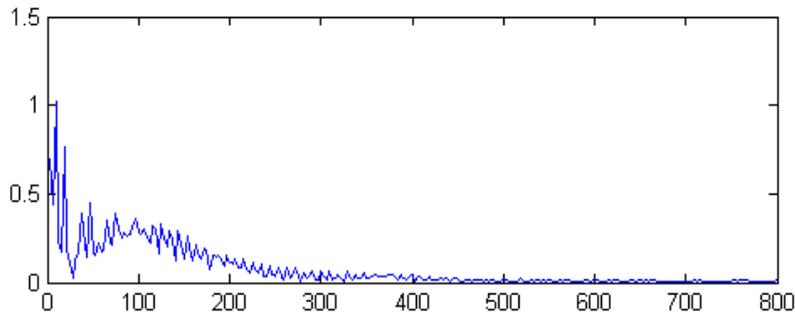
يبين الشكل (1) الصورة بعد تحويلها إلى إشارة.



الشكل (12) الصورة بعد تحويلها إلى إشارة.

4-6 تحويل فورييه لإشارة ECG:

يوضح الشكل (13) ناتج تحويل فورييه.



الشكل (13) ناتج تحويل فورييه.

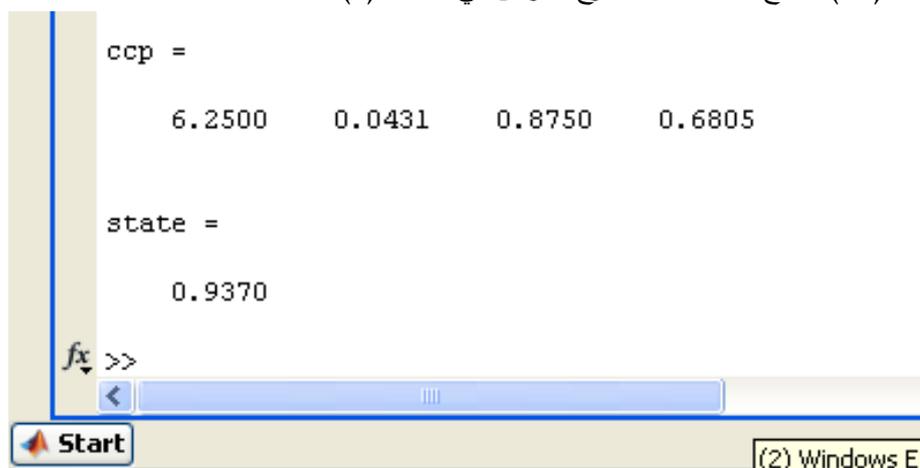
4-7 استخراج سمات صور ال ECG:

من أجل تحديد معالم المرض المكتشف يجب استخراج العديد من الميزات الشكلية له كقيم P,Q,R,S,T ، حيث تمثل هذه القيم مكونات إشارة ECG ، وغيرها من أجل إدخالها كشعاع دخل للشبكة العصبية من أجل تصنيف الأمراض المكتشفة حيث يبين الجدول (1) مجموعة السمات المستخدمة وتوصيفها.

الجدول (1) السمات المستخدمة في تصنيف الأمراض المكتشفة:

الوصف	السمة
(R) Peak كقيمة وسطى بين جميع قيم R	R
الفرق بين (P-Q) و (S-T)	خط ال ISO
(P) Peak كقيمة وسطى بين جميع قيم P	P
نسبة قيم تحويل فورييه للمركبات الأقل من 200 HZ / نسبة قيم تحويل فورييه للمركبات الأعلى من 200 HZ	نسبة الترددات المنخفضة / نسبة الترددات المرتفعة

ويبين الشكل (14) شعاع السمات المستخرج للمرض في الشكل (7).



الشكل (14) شعاع السمات المستخرج للمرض.

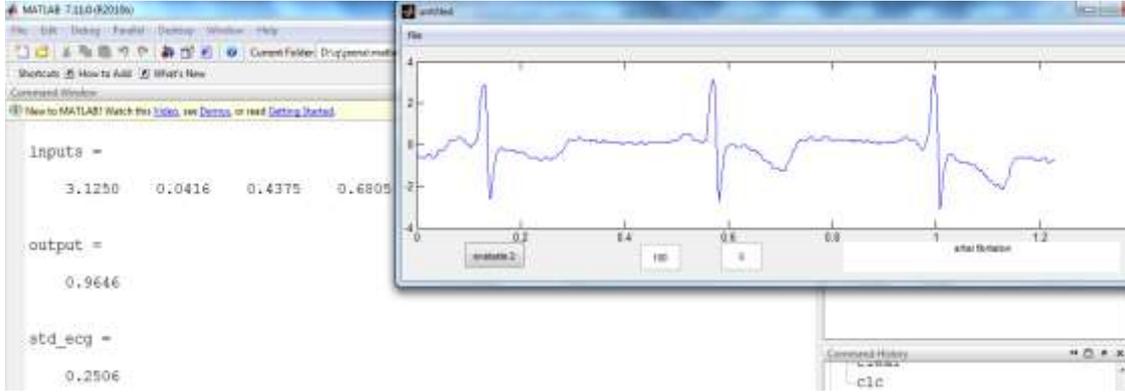
كما يبين الجدول (2) قيم أشعة السمات لبعض صور ECG في قاعدة البيانات المستخدمة.

الجدول (2) قيم أشعة السمات لبعض صور ECG.

R_amp	P_peak_t (1)- Q_t(1))- (T_peak_t(1)- S_t(1)	mean(P_peak)	Forier	ECG image
7.21875	0.0590625	0.333333333	0.896528	
8.25	0.0615625	0.75	0.893998	
7.70833	0.061875	1.875	0.914227	
6.16667	0.056875	0.375	0.865343	

8-4 التصنيف الآلي للمرض:

تتضمن تغذية الشبكة العصبية الضبابية بأشعة السمات المستخرجة لكل مرض من أمراض القلب ومن ثم تدريب الشبكة حتى تصبح قادرة على التصنيف والتشخيص الصحيح. يبين الشكل (15) التشخيص النهائي للمرض المستخرج من صورة الشكل (7) حيث نجد أن المرض المكتشف تم تصنيفه على أنه رجفان أذيني.



الشكل (15) التشخيص النهائي للمرض مع شعاع السمات المستخرج.

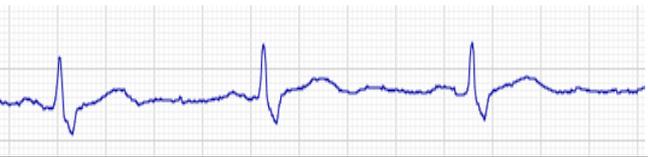
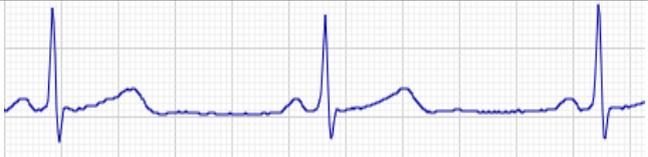
إن المرض المستخرج من صورة ECG في الشكل (8) هو مرض رجفان أذيني وهو موافق للتقرير الطبي المرافق.

النتائج والمناقشة:

تم تدريب نظام اكتشاف وتصنيف أمراض القلب المقترح على 62 عينة من صور ECG واختباره على 85 عينة لم يتم تدريب الشبكة عليها من قبل ومقارنتها مع الخرج المطلوب بغية تقييم الأداء. يبين الجدول (3) أمثلة لبعض صور قاعدة البيانات المستخدمة في عملية الاختبار موضحاً إلى جانبها التشخيص الطبي والتشخيص الآلي المعطى من قبل النظام.

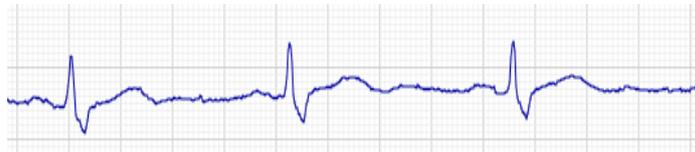
الجدول(3) صور مجموعة بيانات التطبيق مع التشخيص الطبي والآلي.

الرقم	الصورة	التشخيص الطبي	التشخيص الآلي
1		رجفان أذيني	رجفان أذيني
2		رجفان أذيني	رجفان أذيني

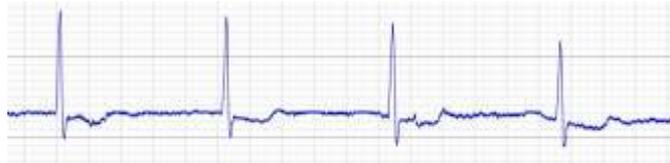
			
رجفان أذيني	رجفان أذيني		3
احتشاء	احتشاء		4
احتشاء	احتشاء		5
تسرع وصلي	احتشاء		6
احتشاء	احتشاء		7
سليم	سليم		8
سليم	سليم		9

سليم	سليم		10
سليم	سليم		11
تسرع وصلي	تسرع وصلي		12
رجفان أذيني	تسرع وصلي		13
تسرع وصلي	تسرع وصلي		14

تم اختبار نظام اكتشاف وتصنيف أمراض القلب المقترح على 85 عينة من صور ECG لم يتم تدريب الشبكة عليها من قبل ووجد من النتائج أنه تم تشخيص 83 عينة تشخيصاً صحيحاً وهو موافق للتشخيص الطبي، وتم تشخيص عينتين تشخيصاً خاطئاً مخالفاً للتشخيص الطبي، حيث نلاحظ أنه أخطأ في تشخيص صورة ECG رقم 6 في الجدول (3) حيث شخصها تسرع وصلي بينما هي في التشخيص الطبي مرض احتشاء وذلك بسبب الترددات الموجودة في هذه الصورة.



كما أخطأ في تشخيص صورة ECG رقم 13 في الجدول رقم (3) حيث شخصها رجفان أذيني بينما هي في التشخيص الطبي مرض تسرع وصلي وذلك بسبب الترددات الكثيرة الموجودة في هذه الصورة.



المناقشة

تم اقتراح نظام جديد لاكتشاف أمراض القلب وتصنيفها بالاستعانة بصور ECG وقد تم تطبيق واختبار النظام على مجموعة من صور ECG، حيث تم في البداية عزل الصورة عن الخلفية ثم تحويلها إلى إشارة بالإضافة إلى عملية الفتح، وقد تم التوصل إلى نتائج جيدة تمثلت في اكتشاف الأمراض كافة. تم بعد ذلك استخراج السمات الأساسية التي تقوم بتمييز الأمراض حيث بلغ عدد السمات المستخرجة 4 سمات قادرة على التمييز بين الأمراض لتشكل شعاع دخل الشبكة العصبية الضبابية التي تم بناؤها باستخدام برنامج Matlab.

تم تدريب نظام اكتشاف وتصنيف أمراض القلب المقترح على 62 عينة من صور ECG واختباره على 85 عينة لم يتم تدريب الشبكة عليها من قبل ونجد من النتائج أنه تم تشخيص 83 عينة تشخيصاً صحيحاً وهو موافق للتشخيص الطبي وتم تشخيص عينتين تشخيصاً خاطئاً مخالفاً للتشخيص الطبي، أي إن النظام العصبي الضبابي أثبت أنه قادر على تمييز أنواع الأمراض بشكل جيد وبدقة وصلت إلى 97%.
تم تقييم أداء المصنف بالاعتماد على عدة محددات لقياس أداء التصنيف وقد حقق نتائج جيدة.

تقييم الأداء

من أجل تقييم أداء عملية التصنيف سيتم الاعتماد على عدد من المعايير التي تستخدم في تقييم أداء المصنفات

وهي:

الدقة Accuracy :

$$Acc(\%) = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100$$

(1)

الحساسية sensitivity:

$$Se(\%) = \frac{TP}{TP + FN} \times 100$$

(2)

التنبؤية الإيجابية Positive prediction:

$$Ppr(\%) = \frac{TP}{TP + FP} \times 100$$

(3)

حيث TP: الإيجابية الصحيحة , FP : الإيجابية الخاطئة , TN: السلبية الصحيحة , FN : السلبية

الخاطئة.

تم تقييم أداء المصنف والتحقق من صحة التصنيف باستخدام المحددات الأساسية الأربع المذكورة وبيين الجدول (4) قيم محددات تقييم الأداء.

الجدول (4) قيم محددات تقييم الأداء

الدقة Accuracy	الحساسية Sensitivity	التنبؤية الإيجابية Positive Prediction
%97	%94	%94

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

أظهر نظام الاستدلال العصبي الضبابي المتكيف ANFIS كفاءة في الاكتشاف والتصنيف. أظهر النظام كفاءة في:

- 1 - اكتشاف الأمراض على اختلاف الحالات المقدمة له حيث تمكن من تمييز أنواع الأمراض في صور ECG .
 - 2 - اكتشاف الأمراض في الصور غير الواضحة التي تحوي على نسبة ضئيلة عالية.
 - 3 - استخراج الأمراض في الصور التي تحتوي أمراضاً غير واضحة ومبهمة الحدود.
 - 4 - عدم استخراج أي مرض في الصور السليمة التي لا تحتوي على أمراض.
- أظهر النظام فاعلية في تحقيق عملية التشخيص الطبي من خلال إنجاز عملية التشخيص بشكل آلي وبدون تدخل المستخدم في أي مرحلة من مراحل العمل ومن خلال إنجاز التشخيص بزمن قصير.

التوصيات:

- 1- العمل على تحسين في مرحلة اكتشاف المرض من خلال تطبيق معالجة أولية مناسبة على الصور المستخدمة في البحث من أجل زيادة الفعالية والدقة في الاكتشاف.
- 2- استخلاص سمات أخرى لأمراض القلب ودراسة أثر زيادة هذه العناصر على دقة التصنيف.
- 3- تشكيل فريق بحث يتضمن فريقاً هندسي يقوم بالعمل البحثي بالإضافة إلى طبيب يقوم بالإشراف على تأمين البيانات (الصور الطبية) التي يتم استخدامها في البحث.

المراجع:

المراجع الأجنبية:

- [1]- JANG,J. *ANFIS: Adaptive – Network- Based – Fuzzy Inference System*. California Univ, Berkeley, CA, USA. Vol 23, No.3, 2002, 665-685.
- [2]- OWEIS,R.J. ; SUNNA,M.J. *A Combined Neuro–Fuzzy Approach for Classifying Image Pixels In Medical Applications*. Journal of electrical engineering, VOL. 56, No. 5, 2005, 146–150.
- [3]- GULERA,I. ; UBEY,E.D. *Ecg beat Classifier Designed By Combined Neural Network Model*, Pattern Recognition Turkey, vol. 38, NO.2, 2005 , 199 – 208.
- [4]-BENAMRANE,N. ; ARIBI,A. ; KRAOULA. *Fuzzy Neural Networks and Genetic Algorithms for Medical Images Interpretation*, IEEE Geometric Modeling and Imaging, Vol.24, 2006, 259 – 264.

- [5]-GONZALZ, R. C.; WOODS, R. E. *Digital Image Processing*. 2nd.ed. Prentice Hall, 2004, 521-538.
- [6]-SEMMLOW, J. *Biosignal and Biomedical Image Processing MATLAB-based Applications*, Rutgers University Piscataway, New jersey ,USA, 2004, 410-450.
- [7]-SIVANANDAM, S. N.; SUMATHI, S.; DEEPA, S. N. *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB* ,Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany, 2007, 158-199.
- [8]-SRIVASTAVA, V.K. ; PRASAD,D. *Dwt - Based Feature Extraction from ecg Signal* , American Journal of Engineering Research (AJER) vol. 2, No. 3, 2013, 44-50.
- [9]-KHANDAIT,P.D. ; BAWANE ,N.G. ; LIMAYE,S.S. ; KHANDAIT,S.P. ; *Efficient ECG Abnormalities Recognition Using Neuro-Fuzzy Approach*, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol.2, No.4, 2012, 402-406.
- [10]- JANG, J.R. *ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System* , IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics , Vol.23 , 1993, 665-685.
- [11]-MODI, K.A. ; NYLK ,T.M. ; SHERIDAN, F.M. *Medical management of acute ST elevation myocardial infarction*, J La State Med Soc, Vol.153, No.6 , 2001, 90-284.
- [12]- KIM,D. ; SEO,Y. ; JUNG,W.R. ; YOUN,C. *Detection of long term variations of heart rate variability in normal sinus rhythm and atrial fibrillation ecg data*, in International Conference on BioMedical Engineering and Informatics, Sanya, Hainan,China , vol. 2, 2008, 404 – 408.
- [13]- PAN, J. ; TOMPKINS, W.J. *A Real-Time QRS Detection Algorithm*, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Vol. 32, No.3, 1985, 230-236
- [14]- CHIANH,CC. ; YANG,YC. ; TZENG,WC. ; TSENG,WD. ; HSIEH,JC. *An SCP Compatible 12-Lead Electrocardiogram Database for Signal Transmission, Storage, and Analysis*, Department of Bioinformatics Chung Hua University, Taiwan , 2004, 621-624.
- [15]-MINAMI, K. ; NAKAJIMA, H., TOYOSHIMA,T. *Real-Time Discrimination of Ventricular Tachyarrhythmia with Fourier-Transform Neural Network*, IEEE Trans Biomed, 2009 , 45.
- [16]-FRAU,D.C. ; JUAN,C. ; CORTES,P. ; GARCIA,G.A.; NAVAK,D. *Feature Extraction Methods Applied to the Clustering of Electrocardiographic Signals*. A Comparative Stucy, Czech Technical University In IEEE Proceeding, 2002, 45.

المراجع العربية:

- [17] - برهوم ، طارق. د.بلسم عيد. اكتشاف وتصنيف أورام الثدي في صور الرنين المغناطيسي باستخدام تقنية *Neuro Fuzzy* ، مجلة تشرين، سورية، اللاذقية، 2013، 83.
- [18] - عيسى ، علام. الشبكات العصبية النبية الهندسية، الخوارزميات، التطبيقات. شعاع للنشر والعلوم، سورية، حلب، 2000 ، 162.