المحاكيات وأهميتها في تحسين القرار الطبي

محاكاة إشارة القلب الكهربائية ECG باستخدام Wavelet Transform

د . محمد سامر البابا الجامعة الوطنية الخاصة / كلية الهندسة

المقدمة :

يتم استخدام المحاكيات بشكل عام كثيراً في المجالات العلمية التخصصية لأن المهندسين و الباحثين يستطيعون بواسطتها اختبار مجموعة من الحالات الحدية التي تساعد كثيراً في فهم ظواهر لا يمكن التنبؤ بها .تلعب عملية المحاكاة دورا حيويا في تحسين وفهم الأنظمة المعقدة في العديد من المجالات ويعتبر التحويل المويجي أداة رياضية قوية تستخدم بشكل واسع في تحليل الإشارات ومعالجة البيانات . من خلال دمج التحويل المويجي في عملية المحاكاة يمكن تحسين دقة وكفاءة التحليل مما يؤدي إلى تحسين القرارات والتطبيقات العملية في مجالات متنوعة وخاصة الطبية.

تعتبر عملية المحاكاة أداة حيوية في العديد من المجالات العلمية والهندسية فهي تسمح بفهم الأنظمة المعقدة واختبار السيناريوهات المختلفة دون الحاجة إلى التجريب المباشر [2]. من بين التقنيات الرياضية المستخدمة في عملية المحاكاة يبرز التحويل المويجي كأداة قوية لتحليل الإشارات والأنظمة الديناميكية.

يستخدم التحويل المويجي بشكل واسع في مجالات متعددة مثل معالجة الإشارات ، تحليل الصور ، وضغط البيانات مما يجعله تقنية أساسية في العديد من التطبيقات العلمية والهندسية.

الكلمات المفتاحية : التحويل المويجي ، المحاكاة ، إشارة حيوية ، ECG

أهمية المحاكيات في تحسين جودة التصاميم :

تتمتع المحاكيات بالعديد من المميزات فبواسطتها يتم تزويد المصممين بتغذية راجعة عن تطوير جهاز محدد بهدف تحديد درجة الصحة، والفعالية للنظام المصمم قبل البدء بتحويل التصميم من مجرد مجموعة أفكار و مخططات إلى بنية فيزيائية و عناصر متكاملة مترابطة مع بعضها البعض، و هو ما سوف يساهم بتقليل الأخطاء، و تخفيض التكلفة المادية. و تتم التعديلات بناءً على نتائج عملية المحاكاة عدة مرات أحياناً حتى الوصول إلى أفضل

التصاميم ثم يتم تحويل التصميم إلى واقع ملموس من خلال تحويل المخططات و الأفكار إلى بنى صلبة تشكل بمجملها الجهاز المراد بناؤه.

تسمح أجهزة المحاكاة للمتدربين بتغير الشروط و ملاحظة النتائج مباشرة، مما يوسع مقدار فهم المتدرب للموضوع المدروس و تدريبه على حالات كثيرة و صعبة في وقت قصير و خاصة في أنظمة المحاكاة المصممة باحتراف.

مفهوم محاكاة الإشارة الحيوية :

محاكاة الإشارات الحيوية هي عملية توليد نماذج من هذه الإشارات تشابه الإشارات الحقيقة، سواءً كانت طبيعية أو تمثل بعض الحالات المرضية، و ذلك باستخدام مجموعة من النماذج الأولية المخزنة على الحاسب أو المولدة بواسطة مجموعة من الدارات الإلكترونية، و يتم الحصول على الإشارات الناتجة بواسطة نظام يسمى بالمحاكي[3].

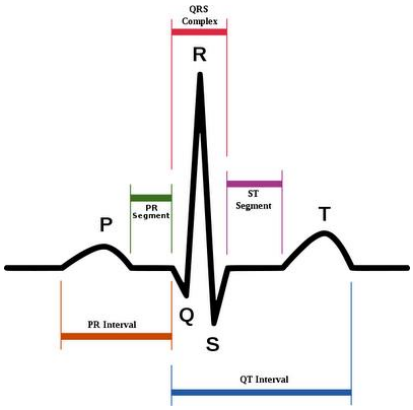
يمكن أن يكون المحاكي عبارة عن كتل برمجية مترابطة أو كيان صلب (عتاد) مؤلف من مجموعة دارات إلكترونية و يمكن أن يجمع بين البنيتين الصلبة (hardware) و اللينة (Software) فيجمع بين ميزات النموذجين مع بعضهما.

و تعتبر تجهيزات محاكيات الإشارات الحيوية من أهم الأدوات المستخدمة لتدريب الطلاب و الأطباء الممرضين، والأطباء المتمرنين على تشخيص بعض الحالات المرضية المولدة بواسطة هذه المحاكيات بنتيجة التعديل في بعض المتغيرات في المحاكي و التي تؤدي إلى توليد الإشارات الحيوية الموافقة لحالات مرضية محددة. كما أن استخدام محاكيات الإشارات الحيوية يعتبر من العناصر الأساسية التي يستخدمها المهندسين و مستثمري التجهيزات الطبية بهدف معايرة تلك التجهيزات و ضبطها بناءً على الإشارات النموذجية المولدة من قبل المحاكي، حيث أن الأجهزة الطبية غير المعايرة تعتبر وسائل تشخيص خاطئة لا يمكن الوثوق بها.

محاكي إشارة القلب الكهربائية :

إشارة القلب الكهربائية Electro Cardio Graph والتي يرمز لها باختصار(ECG) هي من أهم الإشارات الحيوية و أكثرها استخداماً الشكل (1)، و لا يمكن لطبيب باختصاص قلبية أن يبدأ معالجة مرضاه إلا بعد تشخيص دقيق تكون عملية تخطيط كهربائية القلب هي أول المراحل بالإضافة إلى كون جهاز تخطيط القلب هو من التجهيزات الرئيسية في غرف العمليات و غرف الطوارئ في المشفى. إن حاجة الأطباء المتدربين للتدريب

على الحالات المختلفة و طريقة التعامل معها يبرز حاجتنا لمحاكي إشارة القلب الكهربائي البرمجي، مع نظام اتخاذ قرار طبي مرافق، كما أن حاجة أجهزة تخطيط كهربائية القلب للضبط الدوري، و المعايرة، يبرز أهمية محاكي إشارة القلب الكهربائية الذي يمكن أن يوصل على مداخلها و الذي يزودها بإشارات قلبية معيارية.



الشكل (1) الشكل المعياري لنبضة واحدة في إشارة الـ ECG

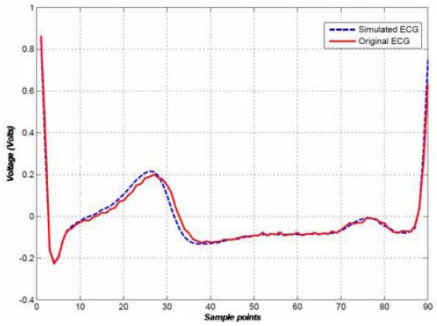
محاكاة إشارة ECG باستخدام التحويل المويجي wavelet transform:

يعتبر التحويل المويجي و تطبيقاته من أكثر التقنيات تقدماً في مجال معالجة الإشارة بشكل عام و الحيوية بشكل خاص[4]. بواسطة هذا التحويل يمكننا تحليل الإشارات إلى مركبات مويجية بمطالات زمنية مختلفة، تعرف هذه المركبات بالمويجات Wavelets كما يمكننا من إعادة تركيب أي إشارة إذا علمنا معاملاتها المويجية. تستخدم المويجات من أجل تحديد الاهتزازات و التغيرات في الإشارات المدروسة (التفاصيل) Details، كما يمكن استخدام هذه المويجات لإنجاز معظم مهمات معالجة الإشارة الأساسية مثل الضغط، إزالة الضجيج أو تحسين الإشارات الصوتية المسجلة أو الصور المستحصلة بالطرق المختلفة بالإضافة إلى محاكاة الإشارات و نمذجتها[5].

يمكّننا التحويل المويجي من تفكيك إشارة الدخل إلى مجموعتين من الإشارات إحداهما تحوي على إشارة تقريبية متوسطة و الأخرى تحوي على سويات مختلفة الدقة من الإشارات التفصيلية. تُمثل المركبات المويجية للإشارات الناتجة عن التحويل باستخدام مجموعتين من المعاملات تعرف بالمعاملات التقريبية و المعاملات التفصيلية و ذلك لكل مستوى من مستويات التحليل. من أجل ضغط الإشارة أو إزالة الضجيج المتراكب عليها باستخدام التحويل المويجي، يتم تدوير معظم المعاملات التي تكون قيمتها أقل من عتبة معينة إلى الصفر، ثم يتم الحصول على إشارة جديدة انطلاقاً من مجموعة المعاملات المعالجة باستخدام التحويل المويجي العكسي.

يتم تقييم أداء المحاكي الجيد لإشارة القلب بقابليته إلى تخفيض التشوه في بعض الأجزاء المميزة من الإشارة القلبية ذات الدلالات التشخيصية الهامة.

يتم عادة تقييم نتائج المحاكة بطريقة وصفية Qualitative عن طريق مقارنة الإشارة الناتجة عن المحاكاة مع الإشارة الأصلية بالإظهار في نفس الشكل الشكل (2)، و بطريقة كمية Quantitative و ذلك باستخدام بعض مقاييس الخطأ و حساب مقدار التشوه[6].



الشكل (2) التقييم الوصفي لإشارة ناتجة عن المحاكاة وإشارة أصلية

يتم حساب مقدار التشوه الناتج عن التحويل المويجي بواسطة متوسط مربع الخطأ MSE و جذره RMSE و الذي يمكن تعريفه بـ:

$$\boldsymbol{MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_{ori} - x_{sim})^2}$$

$$\boldsymbol{RMSE = \sqrt{MSE}}$$

حيث أن x_{ori} هي الإشارة الأصلية و x_{sim} هي الإشارة المحاكاة و N هي عدد نقاط كل من الإشارتين (العدد متساوي و هو عدد العينات).

الخاتمة :

تتميز المنهجية التي تعتمد على التحليل المويجي في محاكاة إشارة القلب بسهولتها الذي يتميز بحداثته النسبية في مجال تحليل الإشارة و تطبيقاته على الإشارات الحيوية و دقة نتائج التحليل المنجزة باستخدامه حيث تتركز كل الدراسات الحديثة في هذا المجال حول هذا التحويل و التي بينت الأفضلية لهذا التحويل عن التحويلات الأخرى كتحويل فوريه.

المراجع العلمية :

[1]. Christopher A. Chung، "Simulation Modeling Handbook"، CRC Press، USA، 2004

[2]. G. J. Pert، "An Introduction to Computer Simulation"، Oxford University Press، USA، 1999.

[3]. MetinAkay، Andy Marsh، "Information Technologies in Medecin"، John Wiley and Sons، USA، 2001.

[4]. J. Rafieetal، "Wavelet Basis Function in Biomedical Signal Processing"، Expert System with Applications، Elsevier، 2010.

[5]. James S. Walker، "A Primer on Wavelets and their Scientific Applications"، Chapman and Hall CRC، USA، 2008.

[6]. Besar R،Eswaram، C. etal، "On the Choice of Wavelets for ECG Data Compression"، A Coustics، Speech، and Signal Processing، Vol. 6، 2000.