مجلة جامعة فزان العلمية
Fezzan University scientific Journal
journal@fezzanu.edu.ly

تحليل وتصنيف اشارات أصوات القلب باستخدام تحليل فوريير للاشارة

*سناء قاسم فضل ، راسم عامر على ، نسيبة اطبيقة[1]
[1]كلية الهندسة ، جامعة وادي الشاطئ ras.ali@wau.edu.ly

الملخص

سماع اصوات القلب يعتبر فحصا سريري هام عند جميع الاطباء ، وهو يستخدم للكشف عن المشاكل االصحية المحتملة للقلب ، وبذلك فان التدريب على هذا يعتبر من العناصر الهامه في مجال التشخيص الطبي ، وفي ظل التطورات التكنولوجيا المتسارعة وظهور الاجهزة المحوسبه ، اصبح تحليل ترددات اصوات القلب علامة مميزة لاطرابات في فعاليات عمل القلب ، هذه الورقة عبارة عن تحليل وتصنيف للاصوات الطبيعية وغير الطبيعية القلب ، وذلك من اجل تحديد المميزات التى يمكن من خلالها الحكم على بعض من امراض القلب ، معالجة اصوات القلب تمت باستخدام (Matlab Simulink)، حيث تم حساب اطياف التردد الخاصة وذلك باستخدام بعض نماذج التحليل الرياضى المعروفة ، ومن خلال ذلك تم الوصول الى انه عند مقارنة الاصوات العادية وغير الطبيعية تظهر خصائص الاشارات الطبيعة عن مستويات طاقة عالي ، في حين ان مستويات الطاقة المنخفضة تهيمن على مكونات التردد الاخري، نموذج التحليل المستخدم حقق نسبة دقة وصلت الى 90% وذلك باستخدام طرق التقييم المستخدمة في معالجة الاشارة.

الكلمات المفتاحية: اصوات القلب ، تصنيف ، اطياف التردد ، مستويات الطاقة ، معالجة الاشارة .

Analysis and classification of heart sounds with spectral analysis

*Sana Fadil and Rasim Amer and Nusiba Tbeiga [1]
[1]Electrical and Electronic Engineering Department., Wadi Alshatti University, Brack-Libya

A B S T R A C T

Hearing the heart sounds is an important clinical examination for all doctors, and it is used to detect the possible health problems of the heart, and thus training on this is considered an important element in the field of medical diagnosis, and in light of the developments of the rapid technology and the emergence of the computerized devices, the analysis of the frequency of the heart sounds has become a distinctive sign of the heart activities in the activities of the heart, this paper is an analysis and classification of natural and abnormal hearts, in order to determine the advantages that Through which some heart disease can be judged. The treatment of the heart sounds was carried out using ((Matlab Simulink, where special frequency spectra was calculated using some sports analysis models, and through this it was reached that when comparing regular and abnormal sounds, natural signals features appear from high energy levels, while low energy levels dominate other frequency components, the analysis model used achieved a accuracy rate of 90% by using the evaluation methods used in the processing processing.

Keywords:*Heart sounds, classification, frequency spectra, energy levels, signaling*

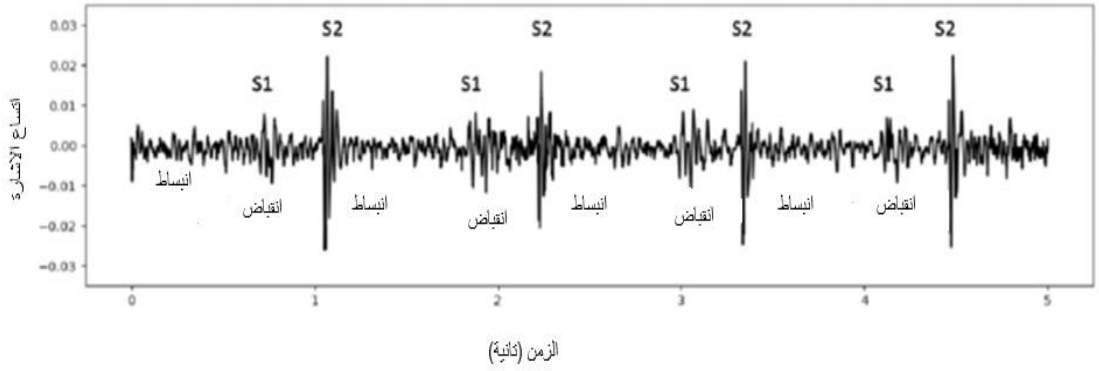
المقدمة

إشارة صوت القلب هي واحدة من أهم الإشارات الفسيولوجية في جسم الإنسان، حيث يوفر تحليل صوت القلب والكشف جزء هام حول الجوانب الفسيولوجية لجسم الإنسان. كما يعتبر احد المقاييس الحيوي في الكشف عن الكثير من الامراض، كما يمكن تحليل خصائص صوت القلب أثناء الحركة استنادًا إلى التمثيل الرسومى [1]. يعتبر عملية الاستماع إلى صوت القلب وتفسيرها ، مكونًا أساسيًا وحاسمًا في التقييم السريري للمريض و هو اختبار منخفض التكلفة و مفيد للغاية لتحديد مرض القلب وتقدير شدته ومساره [2]، قد يلزم إجراء فحص أكثر شمولية اعتمادًا على نتائج تسمع قلبي دقيق. ومع ذلك ، فإن الحساسية الكلية

المؤلف الرئيسي: عناوين البريد الإلكتروني ras.ali@wau.edu.ly
تاريخ استلام البحث 9 مايو 2025 استلام رد المحكمين 2 يونيو 2025 تم قبوله 16 يونيو 2025 تاريخ النشر 21 يونيو 2025

للتوسع القلبي المنخفضة تعتبر امرا صعب لأن نفخ الانبساطي يصعب تشخيصه ، و قد تفشل عدم كفاية القدرات القلبية في اكتشاف أمراض مهمة ، مما قد يزيد من سوء صحة المريض ، أو مرض التشخيص الزائد ، ويؤدي ذلك إلى الإحالة الى وسائل اخري للتشخيص مثل التصوير لصدى القلب المكلف نسبيا [3،4،5].

أصوات القلب هي الضوضاء الناتجة عن القلب النابض وتدفق الدم الناتج من خلاله. هذه الأصوات أمر بالغ الأهمية للتجمع القلبي ، حيث يتم استخدام سماعة الطبيب للاستماع إليها أثناء الفحوصات البدنية، و تتضمن أصوات القلب العادية الأساسية صوت القلب الأول (S1) وصوت القلب الثاني (S2). عادةً ما يكون S1 صوتًا واحدًا بسبب الإغلاق المتزامن للصمامات التاجية والثلاثية ، في حين أن S2 هو صوت تقسيم ناتج عن الصمامات شبه الدقيقة للشريان الأورطي (A) والرئوي (P) كما هو موضح في الشكل (1) [5].



الشكل 1 صوت القلب

في الشخص البالغ والذى يتمتع بصحة جيدة ، عادة ما تكون الأصوات العادية يمكن تمييزه ويشار إليهما باسم "lub" و "dub" على التوالي. كما هو موضح في الجدول 1 [6]:

جدول 1 اصوات القلب للشخص البالغ والذى يتمتع بصحة جيدة

صوت القلب	الوصف	الزمن
S1 (Lub)	اشارة الصوت العالي	في وقت مبكر من دورة القلب
S2 (Dub)	اشارة الصوت المنخفض	في وقت متاخر من دورة القلب

من المهم ملاحظة أن الأصوات الإضافية مثل نفخة القلب والأصوات المغامرة وإيقاعات الخالفة (S3 و S4) قد تكون موجودة أيضًا في دورة القلب، ويمكن أن تشير هذه الأصوات إلى حالات مرضية مختلفة ، مثل التضيق أو القصور الصمامي. على سبيل المثال ، يعتبر نفخة غير طبيعي إذا كان هناك اختلافًا في الضغط لا يقل عن 30 مم زئبق بين الغرف [7]، و يشير طيف إشارات الصوت إلى توزيع ترددات الطاقة داخل الإشارة. في سياق تحليل أصوات القلب يتم استخدام الطيف لفهم تكوين تردد أصوات القلب المختلفة مما يساعد في تحديد أنماط تدل على وظيفة القلب الطبيعية أو الغير الطبيعية، ويمكن تحليل أصوات القلب في المجال الترددي باستخدام تقنيات مثل تحويل فوريه السريع (FFT) أو تحليل المويجات، حيث تسمح هذه الطرق بتصور طيف التردد لأصوات القلب ، حيث تمثل كل ذروة مكونًا ترددًا معينًا. يظهر طيف التردد لصوت القلب الطبيعي أربع قمم مميزة ، المقابلة لأصوات القلب الأربعة: S1 و S2 و S3 و S4، وترتبط ترددات هذه القمم بخصائص الرنين لتجويف الصدر البشري ومحتوى تردد القلب بأنفسهم، حيث يتضمن استخدام طيف التردد في تحليل صوت القلب [2،4] ، التمايز الصوتي الطبيعي مقابل غير الطبيعي. طيف التردد لأصوات القلب الطبيعية يختلف بشكل واضح عن الأصوات غير الطبيعية

، وذلك على نطاق أوسع ، ويمكن أن تكون أكثر وغير منتظمة [5] ، ويمكن تشخيص بعض أمراض القلب بناءً على طيف التردد لأصوات القلب، على سبيل المثال ، يمكن أن يشير وجود أصوات أو تغييرات إضافية إلى بعض الأمراض.

تحليل فوريير

تحليل فوريه Fourier analysis تقنية تُستخدم لتحديد الأمواج الجيبية sine waves التي تتكوّن منها إشارة معينة، أي لتفكيك الإشارة إلى الأمواج الجيبية المكوّنة لها. إذ تشتمل على سبيل المثال الهواتف الخَلَوِيّة والأقراص الفيديوية الرقمية digital video disc (DVD) والمجموعة المشتركة لخبراء الصور joint photographic experts group (JPEG) على تحويلات فوريه المنتهية السريعة fast finite Fourier transforms، ويعدّ تحليل فوريه بأشكاله المختلفة متسلسلة فوريه Fourier series وتحويل فوريه Fourier transformعماد فهم الكثير من المسائل في مجال تحليل الإشارات وتصميم المرشحات الرقمية، وتعرف الاشارة الدورية بانها الإشارة التي تتكرر عند فترات (مسافات) زمنية متساوية، تسمى دور الإشارة T والذي تقدر بواحدة الزمن (الثانية)، والمعرّف بالعلاقة [5] :

$$X(t) = \mathrm{x}(\mathrm{t} + T) \qquad (1)$$

تعدّ متسلسلة فوريه التي وضعها الرياضي والفيزيائي الفرنسي جان بابتيست جوزيف فوريه Jean Baptiste Joseph Fourier في عام 1807واحدة من أهم الأدوات الرياضية التي يستخدمها مهندسو الاتصالات في عملهم؛ إذ تسمح بكتابة أي دالة رياضية على صورة مجموعة من الدوال الجيب sine والتجيب cosine، وعندما تكن f(x)إشارة دورية يمكن تعريف هذه الإشارة على أنها مجموعة من دوال الجيب والتجيب (جيب التمام) وفق العلاقة [4،5]:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [\, a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)] \qquad (2)$$

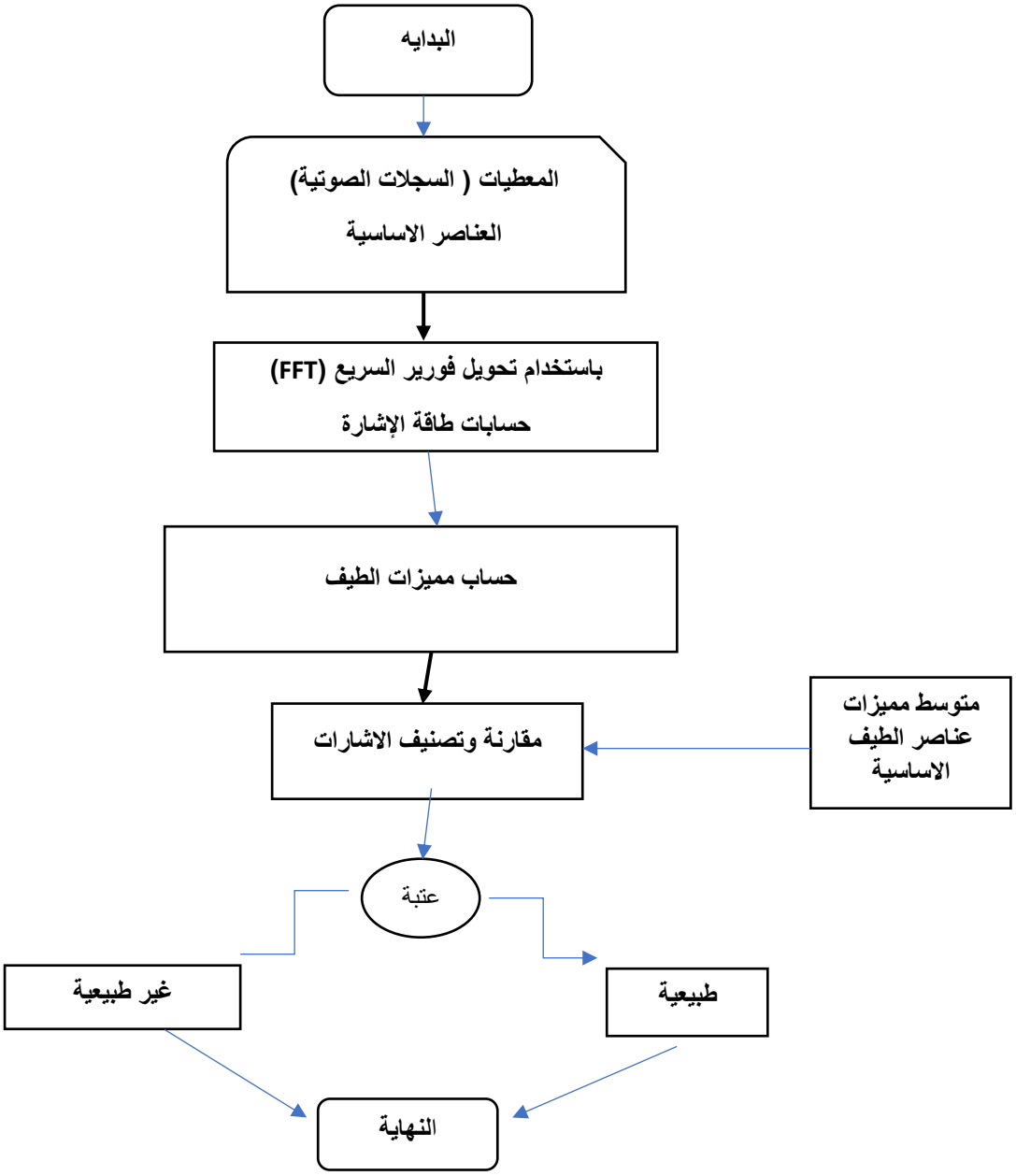
حيث : a_0 اتساع الاشارة

المواد وطرق العمل

تم الحصول على البيانات من موارد "أغاني القلب" التي توفرها الكلية الأمريكية لأمراض القلب. يضم موقع Heart Songs مجموعة من التسجيلات الصوتية والمواد التعليمية حول أصوات القلب وتقنيات التسمع. تم جمع ما مجموعه أربعة وثلاثين تسجيلًا مختلفًا ، تتكون من تسعة تسجيلات لأصوات القلب العادية ، وخمسة عشر تسجيلًا لأصوات القلب غير الطبيعية ، وعشرة تسجيلات مميزة إضافية تستخدم للاختبار. تمثل هذه التسجيلات مجموعة متنوعة من اضطرابات القلب [8]، عيب الحاجز البطيني ، عيب الحاجز الأذيني ، صمام الأبهر الثنائي ، تضيق الرئة ، نفخة بريئة ، تضيق الصمام التاجي ، صمام الأبهر الثنائي مع تضيق الأبهر المتزامن والقصور ، قصور الصمام التاجي مع هبوط الصمام التاجي، .

يتضمن النموذج المقترح جمع البيانات ، حيث خضعت إشارات الصوت لفقد في خصائصها الموجية و تم حساب طاقة الإشارة في التسجيلات ، وتطبيق تحويل فوريه السريع (FFT) لتحويل إشارات المجال الزمني إلى مجال التردد. حيث مكّن هذا التحليل الطيفي من استخراج الميزات الرئيسية ، وهي (RMS) متوسط الجدر التربيعي للاشارة ، والحد الأدنى من سعة الاشارة ، والحد الأقصى ، والذروة إلى الذروة ، والمتوسط ، وطاقة الإشارة ، هذه المميزات إلى جانب قوة الإشارة لتسجيلات صوت القلب بشكل شامل، حيث يوفر تحليل هذه الميزات المتوسطة عبر مجموعة البيانات رؤى قيمة في الخصائص الصوتية لظروف القلب العادية وغير الطبيعية و استخدام الميزات الطيفية لتصنيف تسجيلات صوت القلب على أنها عادية أو غير طبيعية. و استخدام متوسط القيم للميزات الطيفية كقيم مرجعية لكل من الحالات الطبيعية وغير الطبيعية ، واستخدمت هذه القيم في عملية التصنيف، حيث في حالة ان الاختلافات كبير بين قيم مميزة إلاشارة وقيم مميزات القيمة المتوسطة للحالات العادية أصغر من الاختلافات

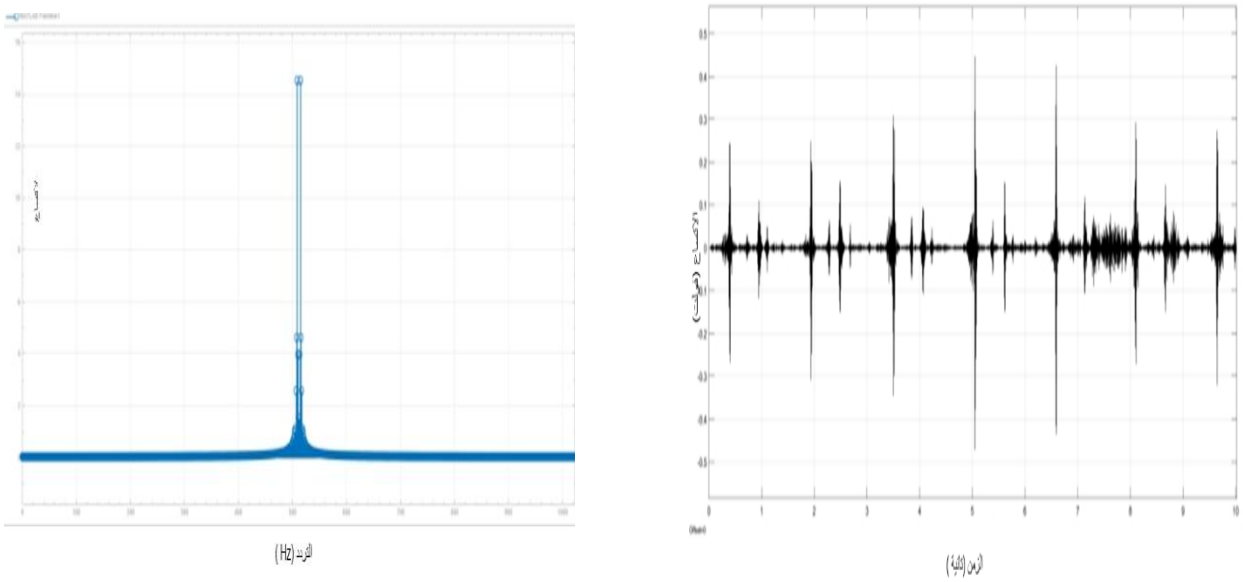
المطلقة بين قيم مميزة إشارة الاختبار وقيم الميزات المتوسطة للحالات الشاذة ، بناء على ذلك ثم تصنيف الإشارة على أنها طبيعية. خلاف ذلك ، يتم تصنيفه على أنه غير طبيعي ، الشكل 2 . يوضح المخطط الانسيابي لتحليل وتصنيف الاشارة.



الشكل 2 المخطط الانسيابي النموذج المقترح

النتائج والمناقشة

تم تحليل إشارات صوت القلب في كل من مجال الزمني والترددى من اجل استخراج الميزات ، حيث تظهر أشكال الموجات والكثافة الطيفية للطاقة لمجموعة من إشارات صوت القلب الطبيعية وغير الطبيعية، الشكل 3،ا ، الشكل العام للاشارة غير طبيعية وتم تصنيفها على انها تضيق في الصمام التاجي ، في حين ان الطيف الترددي للاشارة لحالة خلال بالصمام التاجي ستين موضح بالشكل 3،ب ، حيث يلاحظ تركيز قوة الاشارة عند تردد الرنيين

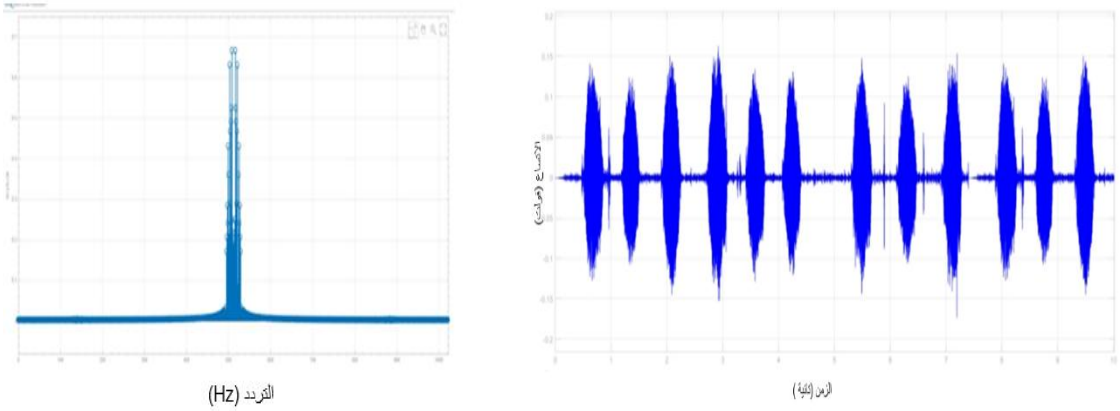


(ب) (ا)

شكل 4. العلاقة بين الزمن واتساع الاشارة والطيف الترددي لحالة تضيق الصمام التاجي(ا) ، والصمام التاجي ستين (ب)

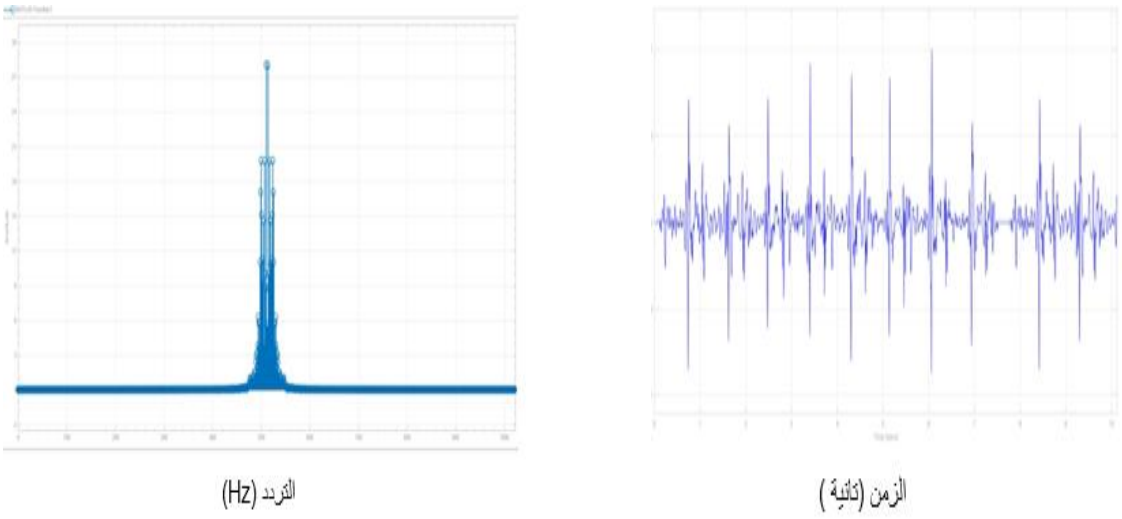
قوة الإشارة تظهر الأصوات غير الطبيعية أعلى بكثير من (40.66 ديسيبل) ، بالمقارنة مع الأصوات الطبيعية (20.07 ديسيبل) ، وهذا يشير إلى وجود اضطرابات أو تغييرات في اليات عمل القلب لدى الأفراد الذين لديهم أصوات غير طبيعية ، افي الوضع الطبيعي تكون القيمة الدنيا 0.0506 ملى فولت ، في حين أن أصوات القلب غير الطبيعية لها قيمة أقل بكثير من 0.0047 ملى. وهذا يشير الى وجود اختلاف بين القيمتين ومعناه انخفاض عام في مستوى الطاقة لأصوات القلب غير الطبيعية ، القيمة القصوى يجب ان تبلغ 36.6 في الحالة العادية [8] ، في حين أن أصوات القلب غير الطبيعية لها قيمة 7.47 ملى فولت، وذلك يشير إلى أن الأصوات غير الطبيعية لها نطاق ديناميكي أكبر في الطيف الترددي. عند التعامل مع الذروة إلى الذروة فان قيمة شدة ألصوات العادية من الذروة إلى الذروة 44.612 ملى فولت، في حين أن أصوات القلب غير الطبيعية لها قيمة أقل بكثير من الذروة إلى الذروة 4.64 ملى فولت، و هذا يشير إلى انخفاض عام في سعة وطاقة

الأصوات غير الطبيعية ، الشكل 4. يوضح بعضا من الاشارات للاصابات القلب لبعض الاشارات غير الطبيعية ،حيث الشكل 4 يبين قصور الصمام التاجي مع هبوط الصمام التاجي، وطيف الاشارة التابعة لها.



شكل 4. قصور الصمام التاجي مع هبوط الصمام التاجي ، قصور الصمام التاجي مع هبوط الصمام التاجي

في حين ان الشكل العام للصور الطبيعية للاصوات القلبية يمكن الاشارة اليها بالشكل 5 ، حيث الصورة للاشارة الطبيعة مع طيفها لبعض الاشخاص في اعمار مختلفة



(ا) (ب)

شكل 5 . العلاقة بيين الزمن واتساع الاشارة في الاشخاص العاديين ، الأصوات العادية (ا) وطيفها الترددي (ب)

نموذج التحليل المستخدم تم اختباره على عشرة أصوات القلب الجديدة ، التي تتكون من الأصوات العادية وغير الطبيعية وتم تصنيفها بنجاح تسعة منها بشكل صحيح ، مما أدى إلى دقة 90 ٪ هذه الاختلافات المهمة في الخصائص الطيفية بين أصوات القلب الطبيعية وغير الطبيعية قد توفر معلومات تشخيصية مهمة حول أمراض القلب والأوعية الدموية. يمكن أن يكون تحليل هذه الخصائص الطيفية أداة واعدة للكشف عن اضطرابات القلب وتمايزها، الجدول 2 ، يبين الخصائص الطيفية للاصوات الطبيعية ومعاملات المقارن الاساسية للاشارة

الجدول 1 مقارنة الخصائص الطيفية الطبيعية وأصوات القلب غير الطبيعية

	الأصوات غير الطبيعية (ملى فولت)	صوت طبيعي (ملى فولت)
القدرة(dB)	40.66	20.07
متوسط الميزات الطيفية		
متوسط الجدر التربيعي	0.404	3.63
القيمة الدنيا	0.0047	0.0506
القيمة القصوى	7.47	36.6
من القمة الى القمة	4.64	44.612
المتوسط	0.0736	0.6314
الوسيط	0.0172	0.082

الاستنتاجات

يمكن استخدام السمات الطيفية لأصوات القلب الطبيعية وغير الطبيعية للكشف عن أمراض القلب وفهم الخصائص الصوتية المرتبطة بالحالات الطبية المختلفة. قدمت هذه الورقة نموذجًا يعتمد على التحليل الطيفي باستخدام تحويل فوريه السريع لاستخراج الميزات الرئيسية مثل الطاقة والإحصاءات الوصفية ، مما يوفر مؤشرات دقيقة لتطوير أدوات تشخيصية لأمراض القلب والأوعية الدموية. تظهر نتائج هذا العمل اختلافات واضحة بين خصائص إشارات صوت القلب الطبيعية وغير الطبيعية. وقد لوحظ أن قوة إشارات الصوت غير الطبيعية قد ارتفعت ، وانخفضت قيم RMS ، وتم تقليل سعة الذروة والنطاق الديناميكي للإشارات. كما انخفضت الإحصاءات الوصفية مثل الوسط والمتوسط. توفر هذه الاختلافات المتميزة في الخصائص الطيفية مؤشرات كمية دقيقة يمكن استخدامها لتطوير أدوات تشخيص غير جراحية موثوقة لمختلف حالات القلب.

قائمة المراجع

[P. Arnott, G. Pfeiffer, and M. Tavel, “Spectral analysis of heart sounds: relationships between some physical characteristics and frequency spectra of first and second heart sounds in normals and hypertensives,” Journal of Biomedical Engineering, vol. 6, no. 2, pp. 121-128, 1984.

[2] L. Han, W. Liang, Q. Xie, J. Zhao, Y. Dong, X. Wang, and L. Lin, “Health Monitoring via Heart, Breath, and Korotkoff Sounds by Wearable Piezoelectric Patches,” Advanced Science, vol. 10, no. 28, pp. 2301180, 2023.

[3] D. Zheng, L. Y. Di Marco, and A. Murray, “Effect of respiration on Korotkoff sounds and oscillometric cuff pressure pulses during blood pressure measurement,” Medical & biological engineering & computing, vol. 52, pp. 467-473, 2014.

[4] C.-J. She, X.-F. Cheng, and K. Wang, “Analysis of Heart-Sound Characteristics during Motion Based on a Graphic Representation,” Sensors, vol. 22, no. 1, pp. 181, 2021.

[5] Yaseen, G.-Y. Son, and S. Kwon, “Classification of heart sound signal using multiple features,” Applied Sciences, vol. 8, no. 12, pp. 2344, 2018

.

[6] F. I. Alarsan, and M. Younes, “Analysis and classification of heart diseases using heartbeat features and machine learning algorithms,” Journal of Big Data, vol. 6, no. 1, pp. 1-15, 2019.

[7] A. K. Dwivedi, S. A. Imtiaz, and E. Rodriguez-Villegas, “Algorithms for automatic analysis and classification of heart sounds–a systematic review,” IEEE Access, vol. 7, pp. 8316-8345, 2018.

[8] Teaching Heart Auscultation to Health Professionals," Teaching Heart Auscultation, [Online]. Available: https://teachingheartauscultation.com/

[1] P. Arnott, G. Pfeiffer, and M. Tavel, “Spectral analysis of heart sounds: relationships between some physical characteristics and frequency spectra of first and second heart sounds in normals and hypertensives,” Journal of Biomedical Engineering, vol. 6, no. 2, pp. 121-128, 1984.

[2] L. Han, W. Liang, Q. Xie, J. Zhao, Y. Dong, X. Wang, and L. Lin, “Health Monitoring via Heart, Breath, and Korotkoff Sounds by Wearable Piezoelectric Patches,” Advanced Science, vol. 10, no. 28, pp. 2301180, 2023.

[3] D. Zheng, L. Y. Di Marco, and A. Murray, “Effect of respiration on Korotkoff sounds and oscillometric cuff pressure pulses during blood pressure measurement,” Medical & biological engineering & computing, vol. 52, pp. 467-473, 2014.

[4] C.-J. She, X.-F. Cheng, and K. Wang, “Analysis of Heart-Sound Characteristics during Motion Based on a Graphic Representation,” Sensors, vol. 22, no. 1, pp. 181, 2021.

[5] Yaseen, G.-Y. Son, and S. Kwon, “Classification of heart sound signal using multiple features,” Applied Sciences, vol. 8, no. 12, pp. 2344, 2018
.
[6] F. I. Alarsan, and M. Younes, “Analysis and classification of heart diseases using heartbeat features and machine learning algorithms,” Journal of Big Data, vol. 6, no. 1, pp. 1-15, 2019.

[7] A. K. Dwivedi, S. A. Imtiaz, and E. Rodriguez-Villegas, “Algorithms for automatic analysis and classification of heart sounds–a systematic review,” IEEE Access, vol. 7, pp. 8316-8345, 2018.

[8] Teaching Heart Auscultation to Health Professionals," Teaching Heart Auscultation, [Online]. Available: https://teachingheartauscultation.com/