

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626185>

Применение модернизированного вейвлет-преобразования для выделения динамики изменения длительности интервалов при электрокардиографической диагностике

Ш. Алали, Д.А. Балакин

Национальный исследовательский университет "МЭИ" Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Заболевания сердечно-сосудистой системы являются основной причиной смерти во всём мире [1]. Многие медицинские диагнозы основаны на оценке характерных точек в электрокардиографическом сигнале. Например, двумя важными временными интервалами являются $P-R$ и $Q-T$, которые оказывают существенное влияние на состояние здоровья пациента [2].

Однако минимальные изменения амплитуд и интервалов между волнами во времени трудно обнаружить простым визуальным осмотром. Задача усложняется тем, что нет чётко установленного правила определения начала и конца $Q-T$ интервала, кроме того, продолжительность интервалов изменяется с каждым сердечным сокращением [3].

Цель — разработка алгоритма, позволяющего выделить динамику изменения длительности интервалов при анализе электрокардиографических сигналов.

Материалы и методы. В качестве рабочего инструмента выступает вейвлет-преобразование. Благодаря своей способности разлагать сигналы на хорошо локализованные базисные функции, вейвлет-преобразование хорошо подходит для того, чтобы отличать электрокардиографические волны от шума [4]. Кроме того, за счёт возможности изменения масштаба можно не только обнаружить различные локальные неоднородности в электрокардиографическом сигнале, но и выявить их длительности.

Одна из основных проблем при использовании вейвлет-преобразования — это выбор материнской функции. В работе предлагается использовать преобразование Эрмита [5], благодаря которому можно сконструировать материнскую функцию произвольной формы, что повышает эффективность обнаружения. Кроме того, преобразование Эрмита можно применить к реальной записи электрокардиографического сигнала, что позволяет сохранить характерные особенности сигнала пациента.

Результаты. Результатом работы алгоритма является набор ритмограмм, каждая из которых прослеживает изменения во времени интервалов электрокардиографического сигнала, например, $P-R$ или $Q-T$. Ритмограмма является стохастической характеристикой, позволяющей оценить дисперсию $Q-T$ интервалов даже в течение непродолжительных временных отрезков и при смене уровня физической активности. Именно поэтому, применяя статистический аппарат, можно количественно оценить эффективность диагностики предлагаемого алгоритма обработки.

Заключение. В докладе представлены основные выводы работы алгоритма и результаты обработки модельных электрокардиографических сигналов.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование; преобразование Эрмита; ритмограмма; электрокардиографическая диагностика.

Как цитировать:

Алали Ш., Балакин Д.А. Применение модернизированного вейвлет-преобразования для выделения динамики изменения длительности интервалов при электрокардиографической диагностике // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 56–58. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626185>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dattani S., Samborska V., Ritchie H., Roser M. Cardiovascular Diseases [Internet]. Our World In Data (UK); 2023. Доступ по ссылке: <https://ourworldindata.org/cardiovascular-diseases>
2. Клинические рекомендации — Брадиаритмии. Утверждены ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева». 2017.
3. Колоцей Л.В., Снежицкий В.А. Методологические подходы к измерению и оценке длительности интервала QT стандартной электрокардиограммы // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2019. Т. 17, № 1. С. 99–105. EDN: YZJVZB doi: 10.25298/2221-8785-2019-17-1-99-105
4. Alfaouri M., Daqrouq K. ECG Signal Denoising By Wavelet Transform Thresholding // American Journal of Applied Sciences. 2008. Vol. 5, N 3. P. 276–281. doi: doi.org/10.3844/ajassp.2008.276.281
5. Balakin D.A. Analysis of electrocardiographic signals using a new method based on the principles of wavelet processing and Gauss-Hermit functions // Conference: 2022 6th International Scientific Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT); 2022; Astrakhan. doi: 10.1109/ICCT56057.2022.9976684

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626185>

Application of the modernized wavelet transform to highlight the dynamics of changes in the duration of intervals during electrocardiogram diagnostics

Charif Alali, Dmitry A. Balakin

National Research University "Moscow Power Engineering Institute" Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Cardiovascular diseases represent the leading cause of mortality worldwide [1]. A significant proportion of medical diagnoses are based on the evaluation of characteristic points in the electrocardiographic signal. For example, two important time intervals are $P-R$ and $Q-T$, which have a significant impact on the patient's health status [2].

However, the detection of minimal changes in amplitudes and intervals between waves over time is challenging through visual inspection alone. The difficulty is compounded by the lack of a clear-cut rule for determining the beginning and end of the $Q-T$ interval, and the fact that the duration of the intervals varies with each heartbeat [3].

AIM: The study aimed to develop an algorithm to highlight the dynamics of interval duration changes when analyzing electrocardiographic signals.

MATERIALS AND METHODS: The wavelet transform serves as a valuable analytical tool. Its ability to decompose signals into well-localized basis functions makes it well suited to distinguish electrocardiographic waves from noise [4]. Furthermore, its ability to change the scale allows for the detection of various local inhomogeneities in the electrocardiographic signal, as well as their durations.

One of the main problems in using wavelet transform is the choice of the mother function. In this paper, we propose to use Hermite transform [5], due to which a mother function of arbitrary shape can be designed, which improves the detection efficiency. Moreover, the Hermite transform can be applied to the authentic electrocardiographic signal recording, ensuring the retention of the distinctive attributes of the patient's signal.

RESULTS: The result of the algorithm is a set of rhythmograms, each of which traces the changes over time of intervals of the electrocardiographic signal, for example, $P-R$ or $Q-T$. The rhythmogram is a stochastic characteristic that allows estimation of the dispersion of $Q-T$ intervals even during short time intervals and when changing the level of physical activity. This is why, by applying the statistical apparatus, it is possible to quantify the diagnostic efficiency of the proposed processing algorithm.

CONCLUSIONS: The paper presents the main conclusions of the algorithm and the results of processing model electrocardiographic signals.

Keywords: wavelet transform; Hermite transform; rhythmogram; electrocardiogram.

To cite this article:

Alali C, Balakin DA. Application of the modernized wavelet transform to highlight the dynamics of changes in the duration of intervals during electrocardiogram diagnostics. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):56–58. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626185>

REFERENCES

1. Dattani S, Samborska V, Ritchie H, Roser M. Cardiovascular Diseases [Internet]. Our World In Data (UK); 2023. Available from: <https://ourworldindata.org/cardiovascular-diseases>
2. *Bradyarrhythmias. Clinical Guidelines*. Approved by A.N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of the Russian Ministry of Health. 2017. (In Russ).
3. Kalatsei LV, Snezhitskiy VA. Methodological approaches to measuring and estimating the duration of *QT* interval of a standard electrocardiogram. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2019;17(1):99–105. EDN: YZJVZB doi: 10.25298/2221-8785-2019-17-1-99-105
4. Alfaouri M, Daqrouq K. ECG Signal Denoising By Wavelet Transform Thresholding. *American Journal of Applied Sciences*. 2008;5(3):276–281. doi: doi.org/10.3844/ajassp.2008.276.281
5. Balakin DA. Analysis of electrocardiographic signals using a new method based on the principles of wavelet processing and Gauss-Hermit functions. Conference: 2022 6th International Scientific Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT); 2022; Astrakhan. doi: 10.1109/ICCT56057.2022.9976684

ОБ АВТОРАХ

*** Алали Шариф;**

ORCID: 0000-0001-8894-4257;

e-mail: alali.charif.1@mail.ru

Балакин Дмитрий Александрович;

ORCID: 0000-0003-0497-7153;

eLibrary SPIN: 1722-7110;

e-mail: dabalakin@yandex.ru

AUTHORS' INFO

*** Charif Alali;**

ORCID: 0000-0001-8894-4257;

e-mail: alali.charif.1@mail.ru

Dmitry A. Balakin;

ORCID: 0000-0003-0497-7153;

eLibrary SPIN: 1722-7110;

e-mail: dabalakin@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author