

## QRS COMPLEX DETECTION IN NOISY HOLTER ECG BASED ON WAVELET SINGULARITY ANALYSIS

Paweł Tadejko<sup>1</sup>, Waldemar Rakowski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Computer Science, Białystok University of Technology, Białystok, Poland

**Abstract:** In this paper, we propose a QRS complex detector based on the Mallat and Hwang singularity analysis algorithm which uses dyadic wavelet transform. We design a spline wavelet that is suitable for QRS detection. The scales of this decomposition are chosen based on the spectral characteristics of electrocardiogram records. By proceeding with the multiscale analysis we can find the location of a rapid change of a signal, and hence the location of the QRS complex. The performance of the algorithm was tested using the records of the MIT-BIH Arrhythmia Database. The method is less sensitive to time-varying QRS complex morphology, minimizes the problems associated with baseline drift, motion artifacts and muscular noise, and allows R waves to be differentiated from large T and P waves. We propose an original, new approach to adaptive threshold algorithm that exploits statistical properties of the observed signal and additional heuristic. The threshold is independent for each successive ECG signal window and the algorithm uses the properties of a series of distribution with a compartments class. The noise sensitivity of the new proposed adaptive thresholding QRS detector was also tested using clinical Holter ECG records from the Medical University of Białystok. We illustrate the performance of the wavelet-based QRS detector by considering problematic ECG signals from a Holter device. We have compared this algorithm with the commercial Holter system - Del Mar's Reynolds Pathfinder on the special episodes selected by cardiologist.

**Keywords:** ECG, heartbeat detection, QRS complex, wavelet singularity analysis, modulus maxima, noisy ECG, Holter recordings, adaptive threshold, dyadic wavelet transform

## **DETEKCJA ZESPOŁU QRS OPARTA NA FALKOWEJ ANALIZIE OSOBLIWOŚCI SYGNAŁU W ZAKŁÓCONYCH ZAPISACH EKG POCHODZĄCYCH Z URZĄDZENIA HOLTERA**

**Streszczenie** Praca przedstawia algorytm detekcji zespołu QRS oparty na falkowej analizie osobliwości sygnału Mallata i Hwanga, wykorzystujący diadyczną transformację falkową. Filtry cyfrowe analizy falkowej odpowiadają falce i funkcji skalującej w postaci tzw. spline'ów bramkowych drugiego stopnia o zwartym i krótkim nośniku. Dzięki temu podczas analizy sygnału i detekcji osobliwości możemy dokładniej kontrolować parametry procesu separacji wybranych częstotliwości. Dzięki analizie wieloskalowej możliwe jest zlokalizowanie miejsca gwałtownej zmiany sygnału, a tym samym lokalizacji zespołu QRS. Metoda posiada mniejszą wrażliwość na zmiany morfologii kolejnych zespołów QRS, minimalizuje problemy związane z występowaniem składowej wolnozmiennej, artefaktów ruchu i napięcia mięśni oraz pozwala na łatwiejszą separację załamka R w stosunku do załamków P i T. W niniejszej pracy zaproponowano oryginalny, adaptacyjny sposób wyznaczania progu detekcji przy użyciu właściwości statystycznych obserwowanego sygnału oraz dodatkowych heurystyk. Metoda wyznaczania progu jest niezależna dla każdego kolejnego okna sygnału, składającego się z kilkunastu cykli EKG. Algorytm wyznacza wartość progu na podstawie analizy własności szeregu rozdzielczego z przedziałami klasowymi. Działanie algorytmu zostało przetestowane przy użyciu zapisów z bazy MIT-BIH Arytmia Database. Dodatkowo, wrażliwość na zakłócenia adaptacyjnego detektora QRS była przetestowana przy użyciu, specjalnie wyselekcjonowanych przez kardiologa, epizodów EKG z systemu Holtera z Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku. Porównania wyników dokonano z komercyjnym systemem Pathfinder firmy Del Mar Reynolds.

**Słowa kluczowe:** EKG, detekcja uderzeń serca, zespół QRS, falkowa analiza osobliwości, modulus maxima, zakłócony EKG, zapisy Holtera, progowanie adaptacyjne, diadyczna transformata falkowa