

1 Analiza rytmu serca

Periodogram dla danych próbkowanych jednorodnie

$$P(f) = \frac{1}{N} \left[\left(\sum_n x_n \cos(2\pi f t_n) \right)^2 + \left(\sum_n x_n \sin(2\pi f t_n) \right)^2 \right]. \quad (1)$$

Periodogram Lomb-Scargle dla danych próbkowanych niejednorodnie [2]

$$P_{LS}(f) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\sum_n x_n \cos(2\pi f [t_n - \tau]))^2}{\sum_n \cos^2(2\pi f [t_n - \tau])} + \frac{(\sum_n x_n \sin(2\pi f [t_n - \tau]))^2}{\sum_n \sin^2(2\pi f [t_n - \tau])} \right\}, \quad (2)$$

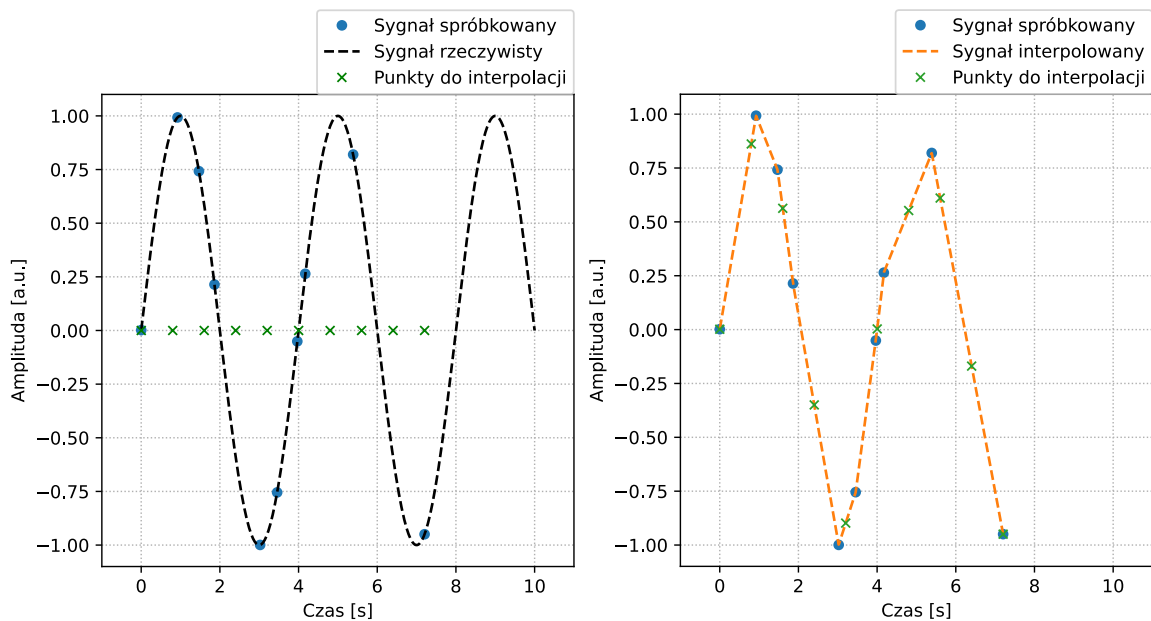
gdzie

$$\tau = \frac{1}{4\pi f} \arctan \left\{ \frac{\sum_n \sin(4\pi f t_n)}{\sum_n \cos(4\pi f t_n)} \right\}. \quad (3)$$

Sygnal zawierający punkty czasowe wystąpień załamków R jest sygnałem próbkowanym niejednorodnie ze względu na zmiany rytmu bicia serca człowieka. Dlatego też analiza częstotliwościowa wymaga stosowania technik uwzględniających tę niejednorodność. Jedną z nich jest przepróbkowanie sygnału, tak aby jego próbki były równo rozmieszczone przy wykorzystaniu interpolacji (Rys. 1), a następnie wyznaczenie periodogramu przy wykorzystaniu wzoru (1). Drugą jest wykorzystanie periodogramu Lomb-Scargle na danych próbkowanych niejednorodnie (2).

Miary HRV w dziedzinie częstotliwości [1]:

- HF (ang. *high frequency*): $f \in (0.15; 0.4)$ Hz,
- LF (ang. *low frequency*): $f \in (0.04; 0.15)$ Hz,
- VLF (ang. *very low frequency*): $f \in (0.0033; 0.04)$ Hz,
- ULF (ang. *ultra low frequency*): $f \in (0; 0.0033)$ Hz,
- TP (ang. *total power*): $f \in (0; 0.4)$ Hz,
- LFHF: LF/HF,



Rysunek 1: Wizualizacja interpolacji sygnału próbkowanego niejednorodnie do sygnału próbkowanego jednorodnie

2 Zadania

1. Wygenerować sygnał sinusoidalny o częstotliwości 0.1 Hz, 128 próbkach, wektorze czasu:

$$t_k = [0, \text{cumsum}(\text{rand}(1, \text{samples}-1))]$$

2. Zaimplementować metodę estymacji periodogramu sygnału próbkowanego niejednorodnie przez interpolację sygnału metodą najbliższego sąsiada, liniową, spline,
3. Zaimplementować metodę Lomb-Scargle,
4. Przedstawić wyniki analizy (widmo częstotliwościowe) periodogramu dla sygnału syntetycznego,
5. Wyznaczyć parametry częstotliwościowe HRV sygnału rzeczywistego różnymi metodami.

Literatura

- [1] Fred Shaffer and Jay P Ginsberg. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in public health*, page 258, 2017.
- [2] Jacob T VanderPlas. Understanding the lomb–scargle periodogram. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 236(1):16, 2018.