**Nazwa przedmiotu:**

Przetwarzanie sygnałów biomedycznych

**Koordynator przedmiotu:**

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Kałużyński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inżynieria Biomedyczna

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty zaawansowane kierunku - obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

PSB

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1) Liczba godzin bezpośrednich 65h, w tym:
a) wykład - 30h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 15h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 5h;
2) Praca własna studenta 50h, w tym:
a) przygotowanie do egzaminu - 20h;
b) przygotowanie do laboratoriów - 10h;
d) opracowanie wyników laboratoriów – 10h
e) praca nad projektem – 10h
Suma: 115 h (4 ECTS)

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

2.2 punkty ECTS - liczba godzin bezpośrednich: 65, w tym:
a) wykład - 30h;
b) laboratorium - 15h;
c) projekt - 15h
d) konsultacje - 5h;

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1) Liczba godzin bezpośrednich 65h, w tym:
a) wykład - 30h;
b) ćwiczenia - 0h;
c) laboratorium - 15h;
d) projekt - 15h;
e) konsultacje - 5h;
2) Praca własna studenta 50h, w tym:
a) przygotowanie do egzaminu - 20h;
b) przygotowanie do laboratoriów - 10h;
d) opracowanie wyników laboratoriów – 10h
e) praca nad projektem – 10h
Suma: 115 h (4 ECTS)

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 15h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Kurs inżynierski matematyki. Podstawy elektrotechniki. Podstawy Matlaba

**Limit liczby studentów:**

36

**Cel przedmiotu:**

Zdobycie znajomości podstawowych i zaawansowanych metod przetwarzania sygnałów biomedycznych (analiza widmowa, filtracje, metody korelacyjne, transformacja falkowa, metoda rozkładu empirycznego EMD)

**Treści kształcenia:**

Wykład:
Właściwości wybranych sygnałów biomedycznych. Typowe zakłócenia w sygnałach biomedycznych. Szereg Fouriera, przekształcenie Fouriera w przetwarzaniu sygnałów. Twierdzenie o próbkowaniu. Dostosowanie przekształcenia Fouriera do potrzeb praktycznej analizy sygnałów.
Procesy losowe. Stacjonarność i ergodyczność. Podstawy estymacji parametrów procesów losowych. Estymacja wartości średniej, wariancji, funkcji kowariancji, korelacji i autokorelacji. Twierdzenie Wienera-Chinczyna. Estymacja widmowej gęstości mocy sygnałów losowych. Uśrednianie.
Definicja i właściwości transformacji Hilberta. Sygnał analityczny. Zastosowania w inżynierii biomedycznej – separacja kierunkowych sygnałów dopplerowskich, detekcja obwiedni, estymacja opóźnienia, wykorzystanie fazy sygnału analitycznego w technice ultradźwiękowej.
Filtracja liniowa FIR i IIR. Znaczenie liniowości charakterystyki fazowej. Filtr różniczkujący, transformator Hilberta, interpolator, decymator. Banki filtrów. Kwadraturowe filtry lustrzane. Filtr dopasowany.
Filtracja homomorficzna. Przykłady: eliminacja pogłosu, analiza homomorficzna sygnału mowy.
Filtracja adaptacyjna. Filtr Wienera. Metody gradientowe. Przykłady zastosowań – eliminacja zakłóceń sieciowych, eliminacja EKG matki.
Analiza widmowa sygnałów niestacjonarnych. Spektrogram. Prezentacje czasowo-częstotliwościowe. Ciągła i dyskretna transformacja falkowa. Transformacja falkowa, banki filtrów i analiza wielorozdzielcza. Funkcja skalująca a próbkowanie sygnałów. Przykłady zastosowań transformaty falkowej w inżynierii biomedycznej (kompresja EKG, analiza w podpasmach sygnału dopplerowskiego aktywności ruchowej płodu).
Modele wymiernej funkcji przenoszenia. Model autoregresyjny i algorytmy estymacji współczynników modelu. Kryteria doboru rzędu modelu. Metoda Minimalnej Wariancji. Przykłady zastosowań do sygnału dopplerowskiego prędkości przepływu krwi.
Funkcja i współczynnik korelacji i autokorelacji w zastosowaniu do estymacji czasu opóźnienia. Transformacja Hilberta funkcji korelacji w zastosowaniu do estymacji czasu opóźnienia. Analiza fazy współczynnika korelacji w zastosowaniu do estymacji czasu opóźnienia. Metoda różnic bezwzględnych i metoda kwadratów różnic bezwzględnych. Przykłady zastosowań (m.in. estymacja rytmu serca płodu, elastografia ultradźwiękowa).
Metoda dekompozycji empirycznej EMD (Empirical Mode Decomposition). Właściwości modów wewnętrznych (IMF). Kryteria zakończenia iteracji. Zastosowania.
Analiza widmowa interwałów R-R, estymacja rytmu serca i detekcja ruchów pseudooddechowych płodu na podstawie analizy sygnałów dopplerowskich, inne.
Laboratorium:
Aplikacje i badanie właściwości wybranych metod przetwarzania sygnałów - uśrednianie, estymacja widmowej gęstości mocy, spektrogram, przekształcenie Hilberta, metoda EMD, analiza falkowa, filtracja, w zastosowaniu do sygnałów stacjonarnych i niestacjonarnych, w tym symulowanych i rzeczywistych sygnałów biomedycznych. Przeprowadzenie przetwarzania sygnału o nieznanej zawartości i stwierdzenie, jakie składowe zawiera oraz określenie ich parametrów.
Projekt:
Samodzielne rozwiązanie problemu z obszaru przetwarzania sygnałów biomedycznych: Przykładowe tematy: estymacja parametrów widma sygnału dopplerowskiego prędkości przepływu krwi, estymacja rytmu serca płodu na podstawie sygnału dopplerowskiego, analiza widmowa interwałów czasowych RR, filtracja homomorficzna sygnału mowy, detekcja ruchów pseudooddechowych płodu na podstawie analizy sygnału dopplerowskiego i inne. Realizacja w środowisku Matlab.
Sprawdzenie i przyjęcie

**Metody oceny:**

Egzamin (45%), ocena z laboratorium (25%), ocena z projektu (30%)

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Zieliński T.P. Cyfrowe przetwarzanie sygnałów, WKiŁ 2005
2. Rutkowski L. Filtry adaptacyjne i adaptacyjne przetwarzanie sygnałów, WNT, 1994
3. Białasiewicz J. Falki i aproksymacje WNT 2004
4. Ozimek E. Podstawy teoretyczne analizy widmowej sygnałów, PWN, 1985
5. Lyons R.G. Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, WKiŁ 2000
6. Bendat J., Piersol A.: Metody analizy i pomiaru sygnałów losowych, PWN, 1976
7. Moczko J., Kramer L. Cyfrowe metody przetwarzania sygnałów biomedycznych, Wyd. Nauk. UAM, 2001
8. Burrus CS, R A Gopinath, H Guo Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer 1st Edition, Pearson, 1998
9. Rilling G, Flandrin P Goncalves P. On Empirical Mode Decomposition and its algorithms. In: Proc. IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing NSIP (I).
10. Rilling G, P. Flandrin, On the influence of sampling on the empirical mode decomposition, Proc. IEEE Int. Conf. Acoustic, Speech and Signal Processing ICASSP-06 (2006).
11. Miaou SG, S.N. Chao. Wavelet-Based Lossy-to-Lossless ECG Compression in a Unified Vector Quantization Framework, IEEE Trans Biomedical Engineering, 2005
12. Kałużyński K, Kret K, Sieńko J, Czajkowski K, Pałko T. Automatic detection of ultrasonic Doppler signal episodes resulting from fetal breathing movements Med Eng Phys 2008; 31:426–433.
13. Kałużyński K Empirical Mode Decomposition of simulated and real ultrasonic Doppler signals of periodic fetal activity, Med Eng Phys 2014;36:859–868

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

brak

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka PSB\_W01:**

Zna metody analizy sygnałów niestacjonarnych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W\_01, W\_03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, I.P7S\_WK, III.P7S\_WG

**Charakterystyka PSB\_W02:**

Zna uwarunkowania i metody filtracji sygnałów biomedycznych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W\_03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka PSB\_W03:**

Zna zastosowania i ograniczenia przetwarzania sygnałów biomedycznych

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** W\_03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka PSB\_U01:**

Potrafi uzyskać i zinterpretować reprezentację czasowo-częstotliwościową sygnałów biomedycznych (niestacjonarnych)

Weryfikacja:

Laboratorium, projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U\_01, U\_02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka PSB\_U02:**

Ma umiejętność identyfikacji struktury nieznanego sygnału

Weryfikacja:

Laboratorium, projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U\_02, U\_01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka PSB\_U03:**

Potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

Laboratorium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U\_07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UO, I.P7S\_UU

**Charakterystyka PSB\_U04:**

Potrafi przygotować dokumentację przeprowadzonych eksperymentów numerycznych oraz przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników

Weryfikacja:

Prezentacja rezultatów projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** U\_04, U\_07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UK, I.P7S\_UO, I.P7S\_UU

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka PSB\_K01:**

Potrafi wykorzystać wiedzę teoretyczną w rozwiązywaniu praktycznych problemów przetwarzania sygnałów biomedycznych

Weryfikacja:

Laboratorium, projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KK