

**Karta przedmiotu oferowanego w Szkole Doktorskiej nr 3
– semestr letni 2021/2022**

TYTUŁ
Adaptacyjne przetwarzanie sygnałów
JEDNOSTKA PROWADZĄCA
Szkoła Doktorska nr 3
DYSCYPLINA NAUKOWA
Informatyka techniczna i telekomunikacja
JEDNOSTKA REALIZUJĄCA
103000 - Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
OPIS SKRÓCONY PRZEDMIOTU
Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z nowoczesnymi metodami adaptacyjnego przetwarzania sygnałów w kontekście ich praktycznych zastosowań. Po uzupełnieniu wiadomości w zakresie optymalnego przetwarzania sygnałów losowych, omawiane są główne klasy algorytmów adaptacyjnych wraz z przykładami ich zastosowań, m.in. w elektronice medycznej, akustyce, telekomunikacji, radiolokacji, linearyzacji wzmacniaczy mocy. Podsumowaniem zajęć jest przejście od klasycznych systemów adaptacyjnych do sztucznych sieci neuronowych. Podczas laboratorium i zajęć projektowych studenci implementują algorytmy adaptacyjne, badają ich właściwości, a także przetwarzają adaptacyjnie sygnały spotykane w wybranych zastosowaniach.
OPIS PRZEDMIOTU
Treść wykładu: 1. Wprowadzenie do adaptacyjnego przetwarzania sygnałów (2h). Historia i pryncypia adaptacyjnego przetwarzania sygnałów. Przykładowe zastosowania. 2. Uzupełnienie wiadomości z teorii dyskretnych procesów stochastycznych (2h). Reprezentacja widmowa dyskretnych sygnałów stochastycznych. Odpowiedź liniowych układów na pobudzenia losowe. Modelowanie dyskretnych sygnałów stochastycznych. Twierdzenie Wolda. 3. Uzupełnienie wiadomości z teorii estymacji (2h). Ogólne właściwości estymatorów. Klasyczne i bayesowskie podejście do estymacji. Estymatory maksimum gęstości a posteriori, maksimum funkcji wiarygodności, minimum błędu średniokwadratowego. Kres dolny Cramera-Rao. Estymacja średniokwadratowa. 4. Optymalne przetwarzanie sygnałów (2h).

Optymalny filtr liniowy. Równania normalne i ich rozwiązanie. Algorytm Levinsona.
 5. Optymalna predykcja liniowa (2h).
 Optymalny liniowy predyktor. Optymalny filtr predykcyjny. Algorytm Durбина.
 Zastosowania liniowej predykcji do identyfikacji modelu AR.
 6. Adaptacyjne algorytmy LMS (least mean squares) (3h).
 Adaptacyjne metody i algorytmy estymacji. Iteracyjne rozwiązanie równań normalnych.
 Kryterium najmniejszego średniego kwadratu błędu (LMS). Algorytm LMS. Analiza
 zbieżności i właściwości algorytmu LMS. Znormalizowany algorytm LMS (NLMS). Inne
 warianty algorytmu LMS.
 7. Adaptacyjne algorytmy RLS (recursive least squares) (3h).
 Algorytmy gradientowe. Algorytm LMS-Newtona. Kryterium najmniejszych
 kwadratów (LS). Algorytmy rekursywne RLS. Algorytm EWRLS (exponentially weighted
 RLS). Porównanie algorytmów RLS i LMS.
 8. Zastosowania filtrów adaptacyjnych (4h).
 Adaptacyjne usuwanie zakłóceń. Adaptacyjne wydzielanie sygnałów sinusoidalnych z
 szumu.
 Adaptacyjne usuwanie zakłóceń w sygnale EKG. Adaptacyjne usuwanie zakłóceń z
 sygnałów akustycznych, adaptacyjne sterowanie wiązką, adaptacyjne wyrównywanie
 kanału komunikacyjnego, adaptacyjna cyfrowa linearyzacja wzmacniaczy mocy (DPD).
 9. Filtracja kalmanowska (2h).
 Sformułowanie problemu, struktura systemu. Filtr Kalmana. Rozszerzony filtr Kalmana.
 Przykłady zastosowań, śledzenie obiektów.
 10. Filtry adaptacyjne o strukturze kratowej (4h).
 Predykcja w przód i wstecz. Właściwości filtrów kratowych. Gradientowe adaptacyjne
 algorytmy kratowe. Filtr estymujący proces łączny. Zalety adaptacyjnych filtrów
 kratowych.
 11. Filtry adaptacyjne NOI (2h).
 Algorytmy adaptacyjne wykorzystujące struktury filtrów o nieskończonej odpowiedzi
 impulsowej (NOI). Problemy związane z wykorzystaniem filtrów NOI w systemie
 adaptacyjnym, stosowane uproszczenia. Usuwanie potencjalnej niestabilności
 adaptacyjnych filtrów NOI.
 12. Wprowadzenie do adaptacyjnych sztucznych sieci neuronowych (2h)
 Adaptacyjne sztuczne sieci neuronowe jako rozwinięcie adaptacyjnych systemów
 wykorzystujących filtry cyfrowe. Jednowarstwowe sieci neuronowe wykorzystujące
 algorytm LMS. Sieci wielowarstwowe, algorytm wstecznej propagacji błędów.
 Przykłady zastosowań.

Zakres laboratorium:

1. Modelowanie i analiza widmowa dyskretnych sygnałów losowych (3h).
2. Implementacja i badanie właściwości algorytmu LMS (3h).
3. Implementacja i badanie właściwości algorytmu RLS (3h).
4. Adaptacyjne usuwanie szumów i zakłóceń, usuwanie zakłóceń występujących w
 sygnale EKG, usuwanie zakłóceń z sygnału akustycznego (3h).
5. Adaptacyjne korekcja charakterystyki kanału telekomunikacyjnego (3h).

Projekt:

Indywidualne zadania projektowe uzgodnione z prowadzącym (15 h).

LITERATURA

- [1] S. Haykin, Adaptive Filter Theory, Fifth Edition, Prentice Hall, 2014.
- [2] A. Uncini, Fundamentals of Adaptive Signal Processing, Springer, 2015.
- [3] P. M. Clarkson, Optimal and adaptive signal processing, CRC Press, 1993.
- [4] L. Ljung, System Identification: Theory for the User, Prentice Hall, 1999.

[5] T. Zieliński, P. Korohoda, R. Rumian, Cyfrowe przetwarzanie sygnałów w telekomunikacji, PWN, 2014.

[6] L. Rutkowski, Filtry adaptacyjne i adaptacyjne przetwarzanie sygnałów, WNT, 1994.

EFEKTY UCZENIA

Student, który zaliczył przedmiot:

- ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w zakresie systemów i algorytmów adaptacyjnych,
- zna podstawowe metody, techniki i narzędzia stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich dotyczących adaptacyjnego przetwarzania sygnałów,
- potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich oraz prostych problemów badawczych w obszarze adaptacyjnego przetwarzania sygnałów,
- potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania w zakresie modelowania, analizy i projektowania systemów adaptacyjnych.

METODY I KRYTERIA OCENIANIA ORAZ FORMA ZALICZENIA ZAJĘĆ

Metody oceny:

1. egzamin – 50 pkt.
2. laboratorium – 25 pkt., pięć zajęć punktowanych po 5 pkt,
3. Projekt – 25 pkt.

Tabela ocen:

- < 51 - ocena 2,
- 51-60 - ocena 3,
- 61-70 - ocena 3,5,
- 71-80 - ocena 4,
- 81-90 - ocena 4,5,
- 91-100 - ocena 5.

JĘZYK WYKŁADOWY PRZEDMIOTU		PUNKTY ECTS
polski		4
FORMA PROWADZONYCH ZAJĘĆ	WYMIAR GODZIN	PROWADZĄCY
Wykład (WYK)	30	Konrad Jędrzejewski, dr hab. inż., prof. uczelni
Laboratorium (LAB)	15	Konrad Jędrzejewski, dr hab. inż., prof. uczelni
Projekt (PRO)	15	Konrad Jędrzejewski, dr hab. inż., prof. uczelni