



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Zaawansowane systemy diagnostyki i monitorowania [N2AiR1-ISAiR>ZSDiM]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Rok/Semestr

2/3

Studia w zakresie (specjalność)

Inteligentne systemy automatyki i robotyki

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

niestacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

10

Laboratorium

20

Inne

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

dr inż. Dominik Łuczak

dominik.luczak@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Wiedza: Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać wiedzę z automatyki i robotyki odpowiadającej 6 poziomowi Polskiej Ramy Kwalifikacji, w szczególności wiedzę z zakresu analizy modeli automatyki, struktur danych, liczb zespolonych, podstaw przetwarzania sygnałów. Umiejętności: Student powinien posiadać umiejętność analizy i implementacji systemów sterowania i pomiaru z zakresu automatyki i robotyki oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji i być gotowy do podjęcia współpracy w zespole. Kompetencje społeczne: Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi przejawiać takie cechy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawczą, kreatywność, kulturę osobistą, szacunek dla innych ludzi.

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom wiedzy dotyczącej metod wykorzystywanych w systemach monitorujących i diagnozujących. 2. Rozwijanie u studentów umiejętności opracowania systemów automatycznego monitoringu i diagnozowania z wykorzystaniem dostępnych technik przetwarzania sygnałów. 3. Kształtowanie u studentów znaczenia znajomości technologii i zaleceń związanych z automatycznym monitorowaniem i diagnostyką urządzeń.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

### Wiedza

1. Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie metod sztucznej inteligencji i ich zastosowania w systemach automatyki i robotyki; [K2\_W2]
2. ma specjalistyczną wiedzę w zakresie systemów zdalnych, rozproszonych, systemów czasu rzeczywistego oraz technik sieciowych; [K2\_W3]
3. ma szczegółową wiedzę z zakresu budowy i wykorzystania zaawansowanych systemów sensorycznych; [K2\_W6]
4. ma podstawową wiedzę o cyklu życia systemów automatyki i robotyki oraz układów kontrolno-pomiarowych; [K2\_W13]

### Umiejętności

1. Student potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (w tym technik i technologii) w zakresie automatyki i robotyki; [K2\_U16]
2. potrafi skonstruować algorytm rozwiązania złożonego i nietypowego zadania inżynierskiego i prostego problemu badawczego oraz zaimplementować, przetestować i uruchomić go w wybranym środowisku programistycznym dla wybranych systemów operacyjnych; [K2\_U25]
3. potrafi skonstruować algorytm rozwiązania złożonego nietypowego zadania pomiarowego i obliczeniowo-sterującego oraz zaimplementować, przetestować i uruchomić go w wybranym środowisku programistycznym na platformie mikroprocesorowej; [K2\_U26]

### Kompetencje społeczne

1. Student posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych, skrupulatnego zapoznania się z dokumentacją oraz warunkami środowiskowymi, w których urządzenia i ich elementy mogą funkcjonować; [K2\_K4]

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

a) w zakresie wykładów:

na podstawie zadań domowych i odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach,

b) w zakresie laboratorium:

na podstawie oceny znajomości i zrozumienia bieżących zagadnień prezentowanych w ramach przedmiotu.

c) W ramach obu form zajęć istnieje możliwość wykorzystania zadań realizowanych w formule Problem Based Learning (PBL), wspierających bieżące potrzeby badawcze i techniczne koordynatora przedmiotu oraz nadzorowanych przez prowadzącego, z uwzględnieniem iteracyjnego i cyklicznego charakteru realizacji zadań, pod warunkiem że są one zbieżne z treściami programowymi kursu.

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

i. ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych w formie testu wielokrotnego wyboru,

ii. omówienie wyników zaliczenia.

b) w zakresie laboratorium weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

i. ocenę przygotowania studenta do poszczególnych zajęć,

ii. ocenianie ciągłe, na każdym zajęciach (odpowiedzi ustne) - premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami,

iii. ocenę zadań przygotowywanych częściowo w trakcie zajęć, a także po ich zakończeniu.

c) W ramach oceny podsumowującej istnieje możliwość uwzględnienia wyników zadań realizowanych w formule Problem Based Learning (PBL) opracowanych na potrzeby badawcze i techniczne koordynatora przedmiotu oraz nadzorowanych przez prowadzącego, pod warunkiem ich zgodności z treściami programowymi kursu.

d) Uzyskiwanie dodatkowych punktów za aktywność podczas zajęć, w szczególności za:

i. samodzielną budowę rozproszonego systemu monitorowania i diagnostyki składającego się z kilkunastu modułów elektronicznych z mikroprocesorami komunikującymi się w czasie rzeczywistym i opracowanie dokumentacji,

ii. efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanego problemu

iii. uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych.

## Treści programowe

Przedmiot obejmuje szeroki zakres zagadnień związanych z diagnostyką i monitorowaniem urządzeń, ze szczególnym naciskiem na urządzenia elektromechaniczne. Studenci poznają rodzaje uszkodzeń, rodzaje sygnałów pomiarowych, teorię pomiarów cyfrowych, a także zaawansowane metody analizy sygnałów i modelowania systemów.

W pierwszej części programu studenci zapoznają się z diagnostyką i monitorowaniem urządzeń z wykorzystaniem zbiorów danych (modeli nieparametrycznych). Obejmuje to analizę częstotliwościową, czasowo-częstotliwościową, czasowo-skalową, przesuwną analizę częstotliwościową, techniki demodulacji i dekompozycji sygnałów oraz modyfikację i poprawę widma częstotliwościowego.

W drugiej części programu studenci poznają diagnostykę i monitorowanie urządzeń z wykorzystaniem modeli parametrycznych. Obejmuje to metody zbierania danych do budowy modeli, wybrane sygnały wymuszające, uproszczone modele parametryczne, rodzaje modeli parametrycznych, sposoby transformacji modeli, uzyskiwanie i ocenę dyskretnego modelu parametrycznego na podstawie odpowiedzi częstotliwościowej, uzyskiwanie i ocenę ciągłego modelu parametrycznego na podstawie odpowiedzi częstotliwościowej oraz nieliniową metodę najmniejszych kwadratów.

W trzeciej części programu studenci poznają izolację i lokalizację uszkodzeń. Obejmuje to klasyfikator binarny, klasyfikator wieloklasowy zbudowany w oparciu o algorytmy uczenia maszynowego nadzorowanego i częściowo nadzorowanego, a także prace badawczo-rozwojowe obejmujące systemy diagnostyki i monitorowania urządzeń.

Zajęcia laboratoryjne dają studentom możliwość praktycznego zastosowania zdobytej wiedzy. Obejmują one zapoznanie się z aparaturą, danymi reprezentującymi monitorowany system elektromechaniczny, wizualizację danych, analizę danych z systemu, techniki analizy sygnałów, analizę sygnałów wymuszających i uzyskanych odpowiedzi, wyznaczanie i ocenę modeli parametrycznych, budowę i ocenę klasyfikatorów, prezentację zadania zaliczeniowego.

Program kursu zapewnia kompleksowe przygotowanie do pracy w dziedzinie diagnostyki i monitorowania urządzeń. Studenci zdobędą wiedzę teoretyczną i praktyczne umiejętności niezbędne do identyfikowania i lokalizowania uszkodzeń w różnych typach systemów.

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Wprowadzenie do diagnostyki i monitorowania urządzeń w szczególności urządzeń elektromechanicznych. Rodzaje uszkodzeń. Rodzaje sygnałów pomiarowych. Teoria pomiarów cyfrowych.
- Dział I. Diagnostyka i monitorowanie urządzeń z wykorzystaniem zbiorów danych (modeli nieparametrycznych).
2. Analiza częstotliwościowa.
3. Analiza czasowo-częstotliwościowa.
4. Analiza czasowo-skalowa.
5. Przesuwna analiza częstotliwościowa.
6. Technika demodulacji i dekompozycji sygnałów.
7. Modyfikacja i poprawa widma częstotliwościowego.
- Dział II. Diagnostyka i monitorowanie urządzeń z wykorzystaniem modeli parametrycznych.
8. Metody zbierania danych do budowy modeli. Wybrane sygnały wymuszające np. chirp, PRBS, impuls Kroneckera.
9. Uproszczone modele parametryczne. Rodzaje modeli parametrycznych. Sposoby transformacji modeli.
10. Uzyskanie i ocena dyskretnego modelu parametrycznego na podstawie odpowiedzi częstotliwościowej.
11. Uzyskanie i ocena ciągłego modelu parametrycznego na podstawie odpowiedzi częstotliwościowej. Nieliniowa metoda najmniejszych kwadratów.
- Dział III. Izolacja i lokalizacja uszkodzeń
12. Klasyfikator binarny.
13. Klasyfikator wieloklasowy zbudowany w oparciu o algorytmy uczenia maszynowego nadzorowanego i częściowo nadzorowanego.
14. Prace B+R obejmujące systemy diagnostyki i monitorowania urządzeń.
15. Podsumowanie.

Program zajęć laboratoryjnych obejmuje:

1. Zajęcia organizacyjne - zapoznanie z aparaturą i przypisami BHP, wstęp do środowiska projektowego.
2. Zapoznanie z danymi reprezentującymi monitorowany system elektromechaniczny. Przygotowanie wizualizacji danych oraz prezentacji fragmentów ze zbioru danych.
3. Analizę częstotliwościową danych z systemu (dane symulacyjne lub rzeczywiste).
4. Analizę czasowo-częstotliwościową.
5. Analizę czasowo-skalową.
6. Przesuwną analizę częstotliwościową.
7. Techniki demodulacji i dekompozycji sygnałów.
8. Modyfikację i poprawę widma częstotliwościowego.
9. Analizę sygnałów wymuszających i uzyskanych odpowiedzi. Analizę danych odpowiedzi częstotliwościowej.
10. Wyznaczenie i ocenę modeli dyskretnych.
11. Wyznaczenie i ocenę modeli ciągłych.
12. Budowę i ocenę klasyfikatora binarnego.
13. Zastosowanie i ocenę grupy klasyfikatorów binarnych. Budowę klasyfikatora wieloklasowego.
14. Zastosowanie i ocenę klasyfikatora wieloklasowego.
15. Prezentację zadania zaliczeniowego: systemu monitorującego i diagnozującego wybrane elementy systemu.

## Metody dydaktyczne

1. Wykład: prezentacja wykorzystania analizy częstotliwościowej dla systemu elektromechanicznego, prezentacja multimedialna ilustrowana danymi literaturowymi i przykładowymi projektami
2. Zajęcia laboratoryjne: wykorzystanie danych z symulowanego/rzeczywistego systemu elektromechanicznego jako danych wejściowych, środowisko symulacyjne do projektowania i implementacji systemu monitorowania i diagnostyki
3. W ramach obu form zajęć istnieje możliwość wykorzystania elementów Problem Based Learning (PBL), w ramach którego studenci pracują nad zagadnieniami i projektami zdefiniowanymi na potrzeby badawcze i techniczne koordynatora przedmiotu oraz nadzorowanymi przez prowadzącego. W podejściu tym szczególny nacisk kładzie się na iteracyjny charakter pracy, obejmujący analizę problemu, projektowanie rozwiązania, jego praktyczną weryfikację oraz systematyczne udoskonalanie.

## Literatura

Podstawowa

1. Łuczak, D. Data-Driven Machine Fault Diagnosis of Multisensor Vibration Data Using Synchrosqueezed Transform and Time-Frequency Image Recognition with Convolutional Neural Network. *Electronics* 2024, 13, 2411, doi:10.3390/electronics13122411.
2. Łuczak, D. Machine Fault Diagnosis through Vibration Analysis: Time Series Conversion to Grayscale and RGB Images for Recognition via Convolutional Neural Networks. *Energies* 2024, 17, 1998, doi:10.3390/en17091998.
3. Łuczak, D. Mechanical Vibrations Analysis in Direct Drive Using CWT with Complex Morlet Wavelet. *Power Electron. Drives* 2023, 8 (43), 65–73, doi:10.2478/pead-2023-0005.
4. Łuczak, D. Nonlinear Identification with Constraints in Frequency Domain of Electric Direct Drive with Multi-Resonant Mechanical Part. *Energies* 2021, 14, 7190, doi:10.3390/en14217190.
5. Brock, S.; Łuczak, D.; Nowopolski, K.; Pajchrowski, T.; Zawirski, K. Two Approaches to Speed Control for Multi-Mass System with Variable Mechanical Parameters. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2017, 64, 3338–3347, doi:10.1109/TIE.2016.2598299.
6. Łuczak, D.; Skrzypiński, M. Filtration of Digital Signals Using Wavelets. *Poznan Univ. Technol. Acad. J. Electr. Eng.* 2016, 187–195.
7. Łuczak, D.; Nowopolski, K. Identification of Multi-Mass Mechanical Systems in Electrical Drives. In *Proceedings of the 2014 16th International Conference on Mechatronics - Mechatronika (ME)*; December 2014; pp. 275–282.
8. Łuczak, D. Mathematical Model of Multi-Mass Electric Drive System with Flexible Connection. In *Proceedings of the Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 2014 19th International Conference On*; Miedzyzdroje, Poland, September 2014; pp. 590–595.
9. Fault Detection and Diagnosis of Industrial Robot Based on Power Consumption Modeling, Ahmad H. Sabry i inni, 2020, <https://doi.org/10.1109/TIE.2019.2931511>
10. Gudovskiy, Denis A., and Lichung Chu. "An Accurate and Stable Sliding DFT Computed by a Modified

CIC Filter [Tips & Tricks]." IEEE Signal Processing Magazine 34.1 (2017): 89-93., <https://doi.org/10.1109/MSP.2016.2620198>

11. Jacobsen, Eric, and Richard Lyons. "The sliding DFT." IEEE Signal Processing Magazine 20.2 (2003): 74-80., <https://doi.org/10.1109/MSP.2003.1184347>

#### Uzupełniająca

1. Comparison of fault tolerant control algorithm using space vector modulation of PMSM drive, Łuczak i Siembab, 2014, <https://doi.org/10.1109/MECHATRONIKA.2014.7018231>

2. Diagnostyka drganiowa stanu maszyn i urządzeń / Józef Dwojak, Marek Rzepiela ; konsultacje techniczne Grzegorz Jezierski, 2005.

#### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	75	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	30	1,50
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu)	45	1,50