



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Sterowanie adaptacyjne

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

Systemy sterowania i robotyki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1 / 1

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Ćwiczenia

0

Laboratoria

30

Projekty/seminaria

0

Inne (np. online)

0

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Maciej Marcin Michalek, prof. PP

email: maciej.michalek@put.poznan.pl

tel. 665-2848

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3A, Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu identyfikacji procesów dynamicznych (typu i struktury modeli, estymacja parametryczna metodą najmniejszych kwadratów) oraz z zakresu teorii sterowania i systemów (opis systemów w przestrzeni stanu, opis wejściowo-wyjściowy dla ciągłej i dyskretnej dziedziny czasu, analiza stabilności metodą Lapunowa, aproksymacja liniowa modeli systemów). Poza tym powinien posiadać umiejętność rozwiązywania podstawowych problemów z zakresu projektowania układów regulacji automatycznej dla systemów liniowych, umiejętność implementacji programów w języku Matlab oraz w języku C, umiejętność



tworzenia i testowania schematów blokowych w środowisku Simulink, umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł, a także powinien być gotowym do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

Omówienie wybranych technik rekursywnej identyfikacji systemów dynamicznych oraz kształtowanie umiejętności ich implementacji i praktycznego wykorzystania; wprowadzenie i objaśnienie wybranych technik i algorytmów sterowania adaptacyjnego stosowanych w układach automatyki i robotyki; kształtowanie umiejętności praktycznej implementacji podstawowych systemów sterowania adaptacyjnego oraz kształtowanie umiejętności pracy w małym zespole.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. Własności i sposoby wykorzystania wybranych technik obliczeniowych niezbędnych do rozwiązania specjalizowanych zadań z zakresu identyfikacji systemów dynamicznych. [K2\_W1]
2. Znajomość wybranych typów i struktur modeli systemów dynamicznych do celów rekursywnej identyfikacji w ciągłej i dyskretniej dziedzinie czasu. [K2\_W5]
3. Teoretyczna i użytkowa wiedza z zakresu wybranych technik i algorytmów sterowania adaptacyjnego dla liniowych i nieliniowych systemów dynamicznych; znajomość warunków stosowalności metod sterowania adaptacyjnego. [K2\_W9]
4. Podstawowa wiedza na temat obwodów nadzoru i zabezpieczeń w systemach adaptacyjnych; znajomość przykładowych komercyjnych systemów wykorzystujących techniki adaptacyjne. [K2\_W9]

#### Umiejętności

1. Wyznaczanie empirycznych modeli dynamicznych systemów jedno-wyjściowych (SISO/MISO) oraz umiejętność ich wykorzystania do projektowania systemów sterowania. [K2\_U10]
2. Dobór odpowiednich metod i narzędzi do rozwiązania konkretnych zadań z zakresu rekursywnej identyfikacji i sterowania adaptacyjnego. [K2\_U22]
3. Implementacja wybranych typów algorytmów sterowania adaptacyjnego oraz ich uruchomienie w środowisku symulacyjnym, a także w środowisku szybkiego prototypowania z użyciem rzeczywistych obiektów fizycznych. [K2\_U9][K2\_U15]
4. Przygotowanie i prezentacja wyników prac laboratoryjnych. [K2\_U8]

#### Kompetencje społeczne

1. Umiejętność pracy w zespole w duchu odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania. [K2\_K3]
2. Świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych. [K2\_K4]

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

A) W zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez ocenę wiedzy studenta wykazaną podczas zaliczenia treści wykładowych w formie testu wyboru; test zawiera 30 pytań - każde z czterema odpowiedziami A, B, C, D, z których dwie są poprawne a dwa fałszywe; wybór przez studenta obu poprawnych odpowiedzi daje 1 punkt za dane pytanie; wybór jednej odpowiedzi poprawnej i pozostawienie drugiej odpowiedzi niewskazanej daje 0.5 punktu za dane



pytanie; wybór odpowiedzi jednej poprawnej i jednej fałszywej skutkuje brakiem punktu za dane pytanie (pozostałe możliwości wyboru lub ich brak także skutkują brakiem punktu za dane pytanie). Uzyskanie oceny dostatecznej z testu zaliczeniowego wymaga zdobycia co najmniej 15,5 punktów.

B) W zakresie zajęć laboratoryjnych weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez ocenę i 'obronę' przez zespół studencki końcowego raportu z realizacji zadania szybkiego prototypowania; sprawdzeniu i ocenie podlegają: jakość uzyskanych wyników, treść i jakość raportu końcowego oraz odpowiedzi na pytania merytoryczne związane z wykonanym zadaniem i/lub z zakresem materiału objętym programem zajęć laboratoryjnych.

### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

- definicja modelu, identyfikacja jako alternatywne podejście do tworzenia modelu,
- wybrane typy i struktury dynamicznych modeli wejściowo-wyjściowych w ciągłej i dyskretniej dziedzinie czasu; liniowość struktur modeli ze względu na parametry,
- ogólne schematy identyfikacji modeli dynamicznych czasu ciągłego i dyskretnego,
- wybrane stochastyczne metody identyfikacji rekursywnej, własności statystyczne wybranych metod identyfikacji, zagadnienia dotyczące implementacji metod rekursywnych,
- adaptacyjna identyfikacja rekursywna systemów o zmiennych parametrach (współczynnik zapominania, resetowanie macierzy kowariancji),
- problem identyfikacji w układzie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym,
- adaptacja i sterowanie adaptacyjne, cele sterowania adaptacyjnego, cechy idealnego i rzeczywistego układu sterowania adaptacyjnego, ogólny schemat sterowania adaptacyjnego, uwagi na temat praktycznej stosowalności systemów adaptacyjnych, schemat decyzyjny zastosowania systemu sterowania adaptacyjnego,
- zastosowanie identyfikacji w zagadnieniach sterowania adaptacyjnego i strojenia regulatorów,
- wybrane metody sterowania adaptacyjnego: sterowanie z identyfikacją modelu (MIAC), sterowanie z wieloma przełączanymi modelami (MMAC), sterowanie z modelem referencyjnym (MRAC, SAC), sterowanie z szeregowaniem parametrów/wzmocnienia (P/GS), sterowanie z aktywnym/adaptacyjnym odrzucaniem zaburzenia (ADRC),
- zagadnienia praktycznej implementacji adaptacyjnych układów sterowania (nadzór i zabezpieczenia),
- przykłady komercyjnych systemów sterowania adaptacyjnego.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium. Ćwiczenia realizowane są przez 2-osobowe zespoły studentów. Program laboratorium podzielony jest na dwie części. W części pierwszej wszystkie zespoły realizują ten sam zestaw 4 ćwiczeń symulacyjnych w następującej tematyce:

- rekursywne metody identyfikacji parametrycznej, adaptacyjna identyfikacja rekursywna (współczynnik zapominania i resetowanie macierzy kowariancji),
- projektowanie i testy symulacyjne układu sterowania typu MIAC,
- projektowanie i testy symulacyjne układu sterowania typu MRAC,
- projektowanie i testy symulacyjne układu sterowania typu ADRC.



W części drugiej każdy zespół studencki wybiera i realizuje jedno spośród zestawu podanych zadań o charakterze programistyczno-obliczeniowym połączone z wykonaniem eksperymentów na obiektach fizycznych (PMxR, ZB2, HILSys, TRAS, 3DCrane, PME1R) w układzie szybkiego prototypowania (Code Composer Studio, VisSim, Matlab-Simulink + Real Time Workshop). Tematyka zadań obejmuje zagadnienia implementacji i testowania wybranych systemów sterowania adaptacyjnego z wykorzystaniem rzeczywistych obiektów dynamicznych.

### Metody dydaktyczne

A) Wykłady: prezentacja multimedialna (slajdy) dodatkowo ilustrowana przykładami podawanymi i analizowanymi na tablicy.

B) Ćwiczenia laboratoryjne: wykonywanie zadań programistyczno-obliczeniowych, symulacyjnych oraz zadań szybkiego prototypowania układów sterowania w tematyce podanej przez prowadzącego - ćwiczenia praktyczne.

### Literatura

#### Podstawowa

[1] Robust and adaptive control: with aerospace applications, E. Lavretsky, K. A. Wise, Springer, London, 2012

[2] Adaptive control. Algorithms, analysis and applications. Second Edition, I. D. Landau, R. Lozano, M. M'Saad, A. Karimi, Springer, London, 2011

[3] Adaptive control. Second Edition, K. J. Astrom, B. Wittenmark, Addison Wesley, 1995

#### Uzupełniająca

[4] Wprowadzenie do identyfikacji systemów, M. M. Michałek, WPP, Poznań, 2023

[5] Adaptive control tutorial, P. Ioannou, B. Fidan, SIAM, Philadelphia 2006

[6] Direct adaptive control algorithms. Theory and applications. Second Edition, H. Kaufman, I. Barkana, K. Sobel, Springer, New York, 1998

[7] Advanced PID control, K. J. Astrom, T. Hagglund, ISA, 2006

[8] Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań, T. P. Zieliński, WKŁ, Warszawa, 2007

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	114	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	62	2
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych, testowanie programów poza zajęciami, przygotowanie raportu końcowego z drugiej części ćwiczeń laboratoryjnych, przygotowanie do zaliczenia laboratorium, przygotowanie do zaliczenia wykładu i udział w teście zaliczeniowym) <sup>1</sup>	52	2

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności