



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Identyfikacja systemów

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

-

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

3 / 6

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

15

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 Michałek, prof. PP

email: maciej.michalek@put.poznan.pl

tel. 665-2848

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3A, Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr inż. Joanna Ziętkiewicz

email: joanna.zietkiewicz@put.poznan.pl

tel. 665-2367

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3A, Poznań

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu statystyki matematycznej, przetwarzania sygnałów oraz teorii systemów (opis wejściowo-wyjściowy dla ciągłej i dyskretnej dziedziny czasu, aproksymacja liniowa modeli systemów). Poza tym powinien posiadać umiejętność implementacji programów w języku Matlab, implementacji i symulacji schematów blokowych w środowisku Simulink, umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł, umiejętność posługiwania się podstawowymi narzędziami komunikacyjno-informacyjnymi, a także powinien być gotowy do podjęcia współpracy w ramach zespołu.



### Cel przedmiotu

Rozszerzenie zakresu wiedzy studentów na temat konstruowania i weryfikacji modeli matematycznych obiektów statycznych i procesów dynamicznych w oparciu o metody eksperymentalne (tworzenie modeli na podstawie danych pomiarowych); zapoznanie studentów z wybranymi technikami i metodami identyfikacji systemów oraz kształtowanie umiejętności ich implementacji i praktycznego wykorzystania; kształtowanie umiejętności pracy w małym zespole.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. Rozszerzona wiedza na temat celów i zasad wyznaczania modeli obiektów statycznych i dynamicznych, a także na temat technicznych i nietechnicznych zastosowań modeli. Modelowanie analityczne vs. modelowanie eksperymentalne; cechy modeli eksperymentalnych i zasady projektowania eksperymentu identyfikacyjnego. [K1\_W17]
2. Znajomość podstawowych struktur modeli systemów dynamicznych do celów identyfikacji w ciągłej i dyskretnej dziedzinie czasu; rozszerzona i pogłębiona wiedza z zakresu deterministycznych i stochastycznych metod identyfikacji statycznych i dynamicznych systemów liniowych i nieliniowych; identyfikacja modeli procesów zdefiniowanych w ciągłej i dyskretnej dziedzinie czasu. [K1\_W17]
3. Pogłębiona wiedza z zakresu wybranych technik obliczeniowych i metod matematycznych niezbędna do rozwiązywania specjalizowanych zadań z zakresu identyfikacji systemów. [K1\_W1],[K1\_W17]
4. Znajomość metod pozyskiwania wiedzy wstępnej do celów modelowania; weryfikacja modeli eksperymentalnych oraz ocena ich elastyczności i oszczędności. [K1\_W17],[K1\_W11]

#### Umiejętności

1. Zaplanowanie oraz przygotowanie eksperymentu identyfikacyjnego i procedury identyfikacji z wykorzystaniem danych syntetycznych lub z wykorzystaniem danych eksperymentalnych pochodzących z obiektu fizycznego. Dobór odpowiednich metod i narzędzi do rozwiązania konkretnych zadań z zakresu identyfikacji systemów. [K1\_U14],[K1\_U24]
2. Wyznaczanie i weryfikacja empirycznych modeli systemów jedno-wyjściowych (SISO/MISO) oraz umiejętność ich wykorzystania do celów technicznych. [K1\_U9],[K1\_U11],[K1\_U14]
3. Przygotowanie i prezentacja wyników prac laboratoryjnych w zakresie identyfikacji systemów. [K1\_U4],[K1\_U5]

#### Kompetencje społeczne

1. Umiejętność pracy w zespole w duchu odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania. [K1\_K3]
2. Świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych. [K1\_K5]

### 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 egzaminu pisemnego w formie testu wyboru. Test zawiera 20-30 pytań, każde z czterema odpowiedziami A, B, C, D, z których dwie są poprawne a dwie 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 wartością 0 punktów za dane pytanie (pozostałe możliwości wyboru lub ich brak także skutkują brakiem punktu za dane pytanie). Uzyskanie oceny dostatecznej z testu zaliczeniowego wymaga zdobycia ponad połowy maksymalnej liczby punktów; wynik testu determinuje ocenę OT braną pod uwagę podczas obliczania oceny końcowej OK, która wynika ze wzoru:  $OK = OT \cdot 0.7 + OL \cdot 0.3$ , gdzie OL stanowi ocenę uzyskaną z zajęć laboratoryjnych ( $OK < 3.0$  skutkuje oceną negatywną).

B) W zakresie zajęć laboratoryjnych weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest poprzez bieżące sprawdzanie wiedzy studentów (przygotowanie do zajęć oraz weryfikacja treści z zajęć wcześniejszych), a także poprzez ocenę i 'obronę' przez zespół studencki końcowego raportu z realizacji indywidualnego zadania realizowanego w ramach drugiej części zajęć (sprawdzeniu i ocenie podlegają: jakość uzyskanych wyników, treść i jakość raportu końcowego oraz odpowiedzi na pytania merytoryczne związane z wykonanym zadaniem i/lub zakresem materiału obejmowanym przez program zajęć laboratoryjnych).

### Treści programowe

Program przedmiotu obejmuje następujące zagadnienia:

- definicja modelu oraz rodzaje i znaczenie modeli, identyfikacja jako alternatywne podejście do tworzenia modelu, pragmatyka modelowania empirycznego, schemat procedury identyfikacji, błędy modelowania, cechy modeli eksperymentalnych, podejścia *black-box* oraz *grey-box* do modelowania,
- typy i struktury modeli statycznych, typy i struktury modeli wejściowo-wyjściowych w ciągłej i dyskretnej dziedzinie czasu; liniowość modeli ze względu na parametry,
- prognozowanie odpowiedzi systemu: optymalny predyktor jednokrokowy a model symulowany,
- nieparametryczne metody identyfikacji (metody odpowiedzi czasowej, analiza korelacyjna i widmowa),
- cechy i ogólne schematy identyfikacji modeli czasu ciągłego i dyskretnego,
- błąd równaniowy, błąd wyjściowy, błąd predykcji, wybrane stochastyczne metody identyfikacji wsadowej: metoda najmniejszych kwadratów błędów równaniowych (LS), metoda zmiennych instrumentalnych (IV), własności statystyczne wybranych metod identyfikacji,
- wybrane stochastyczne metody identyfikacji rekursywnej: rekursywna metoda najmniejszych kwadratów błędów równania (RLS), rozszerzona metoda RLS (RELS), rekursywna metoda zmiennych instrumentalnych (RIV), metody konstrukcji zmiennych instrumentalnych, wybrane zagadnienia dotyczące implementacji metod rekursywnych,
- adaptacyjna identyfikacja rekursywna systemów o zmiennych parametrach (współczynnik zapominania, resetowanie macierzy kowariancji),
- projektowanie eksperymentu identyfikacyjnego (planowanie eksperymentu, wstępne przetwarzanie danych pomiarowych, dobór okresu próbkowania, wybór i kształtowanie sygnałów pobudzających, rząd nieustannego pobudzenia),
- problem identyfikacji w układzie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym,
- metody weryfikacji modeli (elastyczność i oszczędność modeli); zagadnienie ostatecznego wyboru modelu,
- omówienie potencjalnych obszarów zastosowania modeli eksperymentalnych.



Program laboratorium podzielony jest na dwie części. W części pierwszej wszystkie zespoły realizują ten sam zestaw ćwiczeń symulacyjnych, w ramach których poznają i testują techniki przetwarzania danych oraz metody identyfikacji systemów. Program części pierwszej obejmuje następującą tematykę:

- analiza sygnałów deterministycznych i losowych w dziedzinie czasu i częstotliwości (stacjonarny proces losowy i jego wartość oczekiwana oraz wariancja, szum biały i szum kolorowy, funkcja korelacji własnej i wzajemnej sygnałów, periodogram i gęstość widmowa mocy sygnału),
- aproksymacja modeli procesów na podstawie odpowiedzi czasowych, nieparametryczna identyfikacja systemów SISO: analiza korelacyjna i widmowa,
- wsadowe metody estymacji parametrycznej: metoda najmniejszych kwadratów LS i metoda zmiennych instrumentalnych IV,
- rekursywne metody estymacji parametrycznej: metody RLS i RIV, estymacja adaptacyjna (współczynnik zapominania, resetowanie macierzy kowariancji, estymacja Kalmana); rekursywna estymacja parametryczna modeli czasu ciągłego z danych próbkowanych (z filtracją SVF).

W części drugiej każdy zespół studencki wybiera i realizuje jedno spośród zestawu zdefiniowanych problemów/zadań identyfikacji rzeczywistych systemów fizycznych (procedura identyfikacji na podstawie zarejestrowanych danych eksperymentalnych z wejścia i wyjścia wybranego obiektu fizycznego). Część drugą zajęć studenci podsumowują pisemnym raportem z realizacji zadania.

### Metody dydaktyczne

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

B) Ćwiczenia laboratoryjne: prowadzone w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium. Ćwiczenia realizowane są przez 2- lub 3-osobowe zespoły studentów w postaci zadań programistyczno-obliczeniowych oraz symulacyjnych dotyczących metod identyfikacji systemów (komputerowe ćwiczenia praktyczne).

### Literatura

#### Podstawowa

- [1] Wprowadzenie do identyfikacji systemów. M. M. Michałek, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2023
- [2] Identyfikacja systemów, T. Soderstrom, P. Stoica, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997
- [3] Identyfikacja obiektów sterowania. Metody dyskretne parametryczne, A. Królikowski, D. Horla, J. Ziętkiewicz, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2017

#### Uzupełniająca

- [3] Principles of system identification. Theory and practice, A. K. Tangirala, CRC Press, 2015
- [4] Identification of continuous-time models from sampled data, H. Garnier, L. Wang, Springer, 2008
- [5] Multivariable system identification for process control, Y. Zhu, Pergamon Elsevier Science, 2001
- [6] Identyfikacja procesów. Praca zbiorowa pod redakcją J. Kasprzyka, WPS, Gliwice, 2002
- [7] System identification. Theory for the user. Second edition, L. Ljung, PTR Prentice Hall, 1999
- [8] Identyfikacja obiektów sterowania. Ćwiczenia laboratoryjne, J. Ziętkiewicz, WPP, 2018
- [9] Identyfikacja obiektów i sygnałów. Teoria i praktyka dla użytkowników MATLABA, A. Zimmer, A.



Englot, WPK, 2005

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

[11] Probabilistyka, A. Plucińska, E. Pluciński, WNT, Warszawa, 2000

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
łączy nakład pracy	114	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	50	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 egzaminu) <sup>1</sup>	64	2

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