



<p>1. ma ma rozszerzoną wiedzę z zakresu parametrycznych wsadowych i rekurencyjnych metod identyfikacji statycznych i dynamicznych systemów liniowych i nieliniowych w ciągłej i dyskretniej dziedzinie czasu; zna wybrane struktury modeli systemów dynamicznych w ciągłej i dyskretniej dziedzinie czasu; zna podstawowe sposoby weryfikacji jakości modeli; - [K_W5]</p> <p>2. zna zasadnicze problemy i sposoby ich rozwiązania dotyczące praktycznej implementacji metod identyfikacji oraz zagadnienia identyfikacji parametrycznej w układzie ze sprzężeniem zwrotnym; zna sposoby wykorzystania modeli empirycznych w zagadnieniach sterowania adaptacyjnego; zna techniki adaptacyjnej rekurencyjnej identyfikacji parametrycznej obiektów niestacjonarnych; - [K_W5]</p> <p>3. zna i rozumie takie pojęcia jak adaptacja i sterowania adaptacyjne; zna cele sterowania adaptacyjnego oraz cechy idealnego i rzeczywistego układu sterowania adaptacyjnego; zna schemat decyzyjny zastosowania sterowania adaptacyjnego; - [K_W7]</p> <p>4. ma podstawową teoretyczną i użytkową wiedzę z zakresu wybranych technik i metod sterowania adaptacyjnego: z identyfikacją modelu, z modelem referencyjnym, z szeregowaniem parametrów, z wieloma przełączanymi modelami, wynikające z zastosowania technik Lapunowa, sterowanie z aktywną/adaptacyjną kompensacją wypadkowego zaburzenia, adaptacyjne sterowanie ekstremalne; - [K_W8]</p> <p>5. ma świadomość konieczności stosowania obwodów nadzoru i zabezpieczeń w systemach adaptacyjnych; zna praktyczne przykłady zastosowania systemów adaptacyjnych; - [K_W9]</p>
<p><b>Umiejętności:</b></p> <p>1. przygotowania i stosownej prezentacji wyników prac laboratoryjnych - [K_U8]</p> <p>2. doboru (w odniesieniu do konkretnego prostego problemu) stosownego algorytmu sterowania adaptacyjnego oraz jego implementacji i uruchomienia w środowisku symulacyjnym jak i w środowisku szybkiego prototypowania (z użyciem rzeczywistych obiektów fizycznych) - [K_U9]</p> <p>3. wyznaczania i weryfikacji empirycznych modeli prostych systemów jedno-wejściowych - jedno-wyjściowych (SISO) i ich wykorzystania w układach sterowania adaptacyjnego - [K_U10]</p> <p>4. krytycznej wielokryterialnej oceny jakości sterowania adaptacyjnego dla wybranych metod sterowania - [K_U19]</p> <p>5. doboru (w odniesieniu do konkretnego prostego problemu) stosownego algorytmu sterowania adaptacyjnego oraz jego implementacji i uruchomienia w środowisku symulacyjnym jak i w środowisku szybkiego prototypowania (z użyciem rzeczywistych obiektów fizycznych) - [K_U22]</p>
<p><b>Kompetencje społeczne:</b></p> <p>1. ma umiejętność pracy w zespole w duchu odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania - [K_K3]</p> <p>2. ma świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych - [K_K4]</p>

<p><b>Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia</b></p>
<p>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 dwa są właściwe a dwa fałszywe; wybór przez studenta obu właściwych odpowiedzi daje 1 punkt za dane pytanie; wybór jednej odpowiedzi właściwej i pozostawienie drugiej odpowiedzi niewskazanej daje 0.5 punktu za dane pytanie; wybór odpowiedzi jednej właściwej i jednej fałszywej skutkuje brakiem punktu za dane pytanie (pozostałe możliwości wyboru lub ich brak także skutkują brakiem punktu za dane pytanie); ocena dostateczna z testu zaliczeniowego wymaga zdobycia co najmniej 15.5 punktów; wynik testu determinuje ocenę OW braną pod uwagę podczas obliczania oceny końcowej OK, która wynika ze wzoru:  <math display="block">OK = OW \cdot 0.7 + OL \cdot 0.3,</math>                 gdzie OL stanowi ocenę uzyskaną z zajęć laboratoryjnych (OK &lt; 3.0 skutkuje oceną negatywną);</p> <p>b) w zakresie laboratoriów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez ocenę i obronę przez zespół studencki końcowego raportu z realizacji zadania (sprawdzeniu i ocenie podlegają: jakość uzyskanych wyników, treść i jakość raportu końcowego oraz odpowiedzi na pytania merytoryczne związane z wykonanym zadaniem);</p>
<p><b>Treści programowe</b></p>
<p>Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:</p> <p>1. Wprowadzenie do zagadnienia identyfikacji i wybrane techniki identyfikacji parametrycznej: definicja modelu, rodzaje modeli, identyfikacja jako alternatywne podejście do tworzenia modelu, pragmatyka modelowania, cechy modeli eksperymentalnych; struktury liniowych i nieliniowych modeli statycznych, struktury modeli wejściowo-wyjściowych w ciągłej i dyskretniej dziedzinie czasu; liniowość struktur modeli ze względu na parametry, linearyzacja modeli ze względu na parametry; prognozowanie odpowiedzi systemu (optymalny predyktor jednokrokowy a model symulowany); cechy i ogólne schematy identyfikacji modeli czasu ciągłego (metoda SVF) i dyskretnego; wybrane stochastyczne metody identyfikacji: metoda najmniejszych kwadratów (LS i RLS), rozszerzona metoda najmniejszych kwadratów (RELS), wybrane zagadnienia dotyczące implementacji rekurencyjnych metod identyfikacji; adaptacyjna identyfikacja rekurencyjna systemów o zmiennych parametrach (współczynnik zapominania, resetowanie macierzy kowariancji); wybrane zagadnienia praktyczne dotyczące identyfikacji (metoda filtracji SVF dla modeli ciągłej dziedziny czasu, dobór okresu próbkowania, rząd ustawicznego pobudzenia sygnałów, problem identyfikacji w układzie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym);</p> <p>2. Wprowadzenie do zagadnienia sterowania adaptacyjnego: pojęcia adaptacji i sterowania adaptacyjnego, cele sterowania adaptacyjnego, cechy idealnego i rzeczywistego układu sterowania adaptacyjnego, ogólny schemat sterowania adaptacyjnego, uwagi na temat stosowalności systemów adaptacyjnych, schemat decyzyjny zastosowania sterowania adaptacyjnego;</p>

3. Sterowanie adaptacyjne z identyfikacją modelu i samostrojeniem (MIAC-STR: Model Identification Adaptive Control-Self-Tuning Regulator) w oparciu o zasadę równoważności;
4. Sterowanie adaptacyjne z wieloma przełączanymi modelami (MMAC: Multi Model Adaptive Control);
5. Sterowanie adaptacyjne z modelem referencyjnym (MRAC: Model Reference Adaptive Control);
6. Sterowanie adaptacyjne z szeregowaniem parametrów (PS: Parameter Scheduling);
7. Schematy sterowania adaptacyjnego wynikające z zastosowania analizy stabilności metodą Lapunowa;
8. Sterowanie z aktywnym/adaptacyjnym odrzucaniem całkowitego zakłócenia (ADRC: Active/Adaptive Disturbance Rejection Control);
9. Sterowanie ekstremalne z adaptacyjnym poszukiwaniem ekstremum (ESC: Extremum Seeking Control);
10. Wybrane zagadnienia praktycznej implementacji adaptacyjnych układów sterowania (układy nadzoru);
11. Przykłady wykorzystania wybranych technik adaptacyjnych w zagadnieniach praktycznych.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium. Ćwiczenia realizowane są przez 2-osobowe zespoły studentów. Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia:

Część I (ćwiczenia symulacyjne):

1. Proste metody identyfikacji deterministycznej w dziedzinie czasu;
2. Wsadowa identyfikacja parametryczna metodą najmniejszych kwadratów (LS) i jej wersją ważoną (WLS);
3. Rekurencyjna identyfikacja parametryczna metodą najmniejszych kwadratów (RLS) i jej wersją rozszerzoną (RELS);
4. Sterowanie adaptacyjne w schemacie MIAC-STR z syntezą regulatora wynikającą z lokowania biegunów;
5. Sterowanie adaptacyjne w schemacie MRAC z gradientową regułą adaptacji;

Część II: zadania projektowo-programistyczne polegające na implementacji, uruchomieniu i przetestowaniu wybranego algorytmu sterowania adaptacyjnego z wykorzystaniem wybranego obiektu fizycznego na stanowisku szybkiego prototypowania.

Metody dydaktyczne:

1. wykład - prezentacja multimedialna ilustrowana przykładami symulacyjnymi i wybranymi wyprowadzeniami podawanymi na tablicy
2. ćwiczenia laboratoryjne - część I: zestaw ćwiczeń symulacyjnych realizowanych przez wszystkich studentów, część II: zadania programistyczno-obliczeniowe połączone z wykonaniem eksperymentów na obiektach fizycznych (praca w zespołach dwuosobowych; każdy zespół realizuje jedno wybrane zadanie);

#### Literatura podstawowa:

1. Adaptive Control. Second Edition, K. J. Aström, B. Wittenmark, Addison Wesley, 1995
2. Adaptive control tutorial, P. Ioannou, B. Fidan, Advances in Design and Control, SIAM, Philadelphia 2006
3. System identification, T. Söderström, P. Stoica, Prentice Hall International, Cambridge, 1989, (Identyfikacja systemów, T. Söderström, P. Stoica, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997)

#### Literatura uzupełniająca:

1. Adaptive control. Algorithms, analysis and applications, Second Ed., I. D. Landau, R. Lozano, M. MSaad, A. Karimi, Springer, Londyn, 2011
2. Stable adaptive systems, K. S. Narendra, A. M. Annaswamy, Dover Publications, Nowy York, 2005
3. Advanced PID control, K. J. Aström, T. Hägglund, ISA 2006
4. Adaptive Control Design and Analysis, Gang Tao, John Wiley and Sons, Inc., 2003
5. System Identification. Theory for the User. Second Edition, L. Ljung, PTR Prentice Hall, New Jersey, 1999
6. Real-time optimization by extremum-seeking control, K. B. Ariyur, M. Krstić, Wiley-Interscience, New Jersey, 2003

#### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

Czynność	Czas (godz.)
1. udział w zajęciach laboratoryjnych	30
2. przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych	15
3. udział w konsultacjach (mogą być realizowane drogą elektroniczną) związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych	1 8
4. testowanie algorytmów sterowania (czas poza zajęciami laboratoryjnymi)	5
5. przygotowanie raportu końcowego	30
6. udział w wykładach	10
7. zapoznanie się ze wskazaną literaturą / materiałami dydaktycznymi (10 stron tekstu naukowego = 1 godz.)	11
8. przygotowanie do zaliczenia wykładów i udział w kolokwium zaliczeniowym	

<b>Obciążenie pracą studenta</b>		
<b>forma aktywności</b>	<b>godzin</b>	<b>ECTS</b>
Łączny nakład pracy	110	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	62	2
Zajęcia o charakterze praktycznym	53	2