



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Układy sterowania optymalnego

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

niestacjonarne

Rok/semestr

3 / 6

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

8

Laboratoria

18

Inne (np. online)

-

Ćwiczenia

-

Projekty/seminaria

-

### Liczba punktów ECTS

3

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Sławomir Stępień

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

email: Sławomir.Stepien@put.poznan.pl

tel. 61 665 23 64

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul.Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z matematyki obejmującą algebrę, analizę, w tym metody wariacyjne oraz wiedzę niezbędną do opisu systemów dynamicznych i analizy stabilności systemów dynamicznych. Umiejętność modelowania układów automatyki i manipulatorów. Programowanie przy użyciu języków wysokiego poziomu C++, Java, oraz skryptowych Python, Matlab itp.

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien umieć zastosować posiadaną wiedzę do rozwiązywanych problemów sterowania.

Umiejętność pracy w zespole. Wymiana uzyskanej wiedzy i doświadczenia.



### Cel przedmiotu

1. Znajomość metod optymalizacji dynamicznej bez i z ograniczeniami
2. Umiejętność opracowania strategii sterowania optymalnego liniowo-kwadratowego LQR
3. Umiejętność opracowania strategii sterowania czasoptymalnego i z minimalną energią
4. Umiejętność opracowania strategii sterowania suboptymalnego SDRE
5. Kształtowanie u studentów umiejętności pracy zespołowej poprzez realizację elementów projektu i połączenie ich w całość

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

Wiedza w zakresie matematyki do opisu i analizy własności systemów dynamicznych, opisu algorytmów sterowania i analizy stabilności systemów dynamicznych. Wiedza z zakresu teorii liniowych systemów dynamicznych, w tym wybranych metod modelowania i teorii stabilności; zna i rozumie podstawowe własności liniowych i nieliniowych elementów dynamicznych w dziedzinie czasu i częstotliwości. Podstawowe kryteria syntezy i metody strojenia regulatorów optymalnych, narzędzia i techniki automatycznego doboru nastaw regulatorów.

#### Umiejętności

Potrafi ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi służących do projektowania systemów automatyki i robotyki oraz wybrać i zastosować właściwą metodę i narzędzia; Potrafi zaprojektować, oraz przetestować prosty układ regulacji optymalnej i suboptymalnej

#### Kompetencje społeczne

Rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego doszkalania się, podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych. Posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych i skrupulatnego zapoznania się z podejmowaną problematyką. Rozumie potrzebę i możliwość dalszego przekazywania pozyskanej wiedzy i umiejętności

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena podsumowująca w zakresie wykładów dotyczy weryfikacji założonych efektów kształcenia, tzn. ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na zaliczeniu pisemnym o charakterze problemowym.

W zakresie ćwiczeń laboratoryjnych, weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez ocenianie ciągłe, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne, sprawozdania), ponadto poprzez ocenę nabytej wiedzy i umiejętności poprzez jeden lub dwa sprawdziany w semestrze.

### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Modelowanie i opis systemów dynamicznych w przestrzeni stanów.



- przestrzeń stanu i zmienne stanu
  - model układu dynamicznego liniowego oraz nieliniowego
  - rozwiązanie analityczne i numeryczne równania stanu układu liniowego
2. Przypomnienie i rozwinięcie rachunku wariacyjnego:
    - równania Eulera-Lagrange'a
    - warunki konieczne i dostateczne rozwiązania
    - wskaźniki całkowite
  3. Optymalizacja dynamiczna
    - ograniczenia różniczkowe i całkowite
    - metoda mnożników Lagrange'a
  4. Sterowalność i osiągalność układów dynamicznych
  5. Sterowanie optymalne liniowych układów dynamicznych
    - zasada maksimum Pontriagina
    - rachunek Hamiltona-Jacobiego-Bellmana
    - sterowanie optymalne ze skończonym i nieskończonym horyzontem czasowym
  6. Zastosowanie zasady maksimum Pontriagina do sterowania czasoptymalnego.
  7. Sterowanie optymalne z minimalną energią.
  8. Metody sterowania suboptymalnego dla układów nieliniowych. Metoda SDRE.
  9. Analiza i własności poznanych metod sterowania pod względem możliwości implementacji i zastosowań przemysłowych.

Ćwiczenia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych spotkań. Do każdego spotkania obowiązuje przygotowanie z jednego tematu. Podczas zajęć studenci rozwiązują otrzymane zadania przy użyciu komputerów we wskazanym środowisku wirtualnym z zakresu materiału przedstawionego na wykładach.

Program zajęć obejmuje:

1. Modelowanie i opis systemów dynamicznych w przestrzeni stanów.
2. Sterowalność układów liniowych i nieliniowych.
3. Sterowanie optymalne z ograniczeniami na dynamikę systemu liniowego.



4. Regulacja LQR ze skończonym i nieskończonym horyzontem czasowym.
5. Modelowanie układów nieliniowych. Parametryzacja SDC tych modeli.
6. Regulacja SDRE ze skończonym i nieskończonym horyzontem czasowym.
7. Analiza własności poznanych metod pod względem możliwości implementacji i zastosowań praktycznych.

### Metody dydaktyczne

Metody dydaktyczne:

1. wykład: wykład multimedialny z przykładami wspomaganymi wyjaśnieniami na tablicy
2. laboratoria: implementacja numeryczna i analiza zadań, dyskusja

### Literatura

Podstawowa

1. Daniel Liberzon, Calculus of variations and optimal control theory, Princeton University Press, 2012
2. M. Athans i P. Falb, Optimal Control: An Introduction to the Theory and its Applications, Dover Publications, Inc., New York, 2007.

Uzupełniająca

1. R. Bellman, Dynamic programming, Dover Publications, Incorporated, 2003

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	40	3,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	26	2,0
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych, przygotowanie do kolokwium, wykonanie projektu) <sup>1</sup>	14	1,0

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