**Nazwa przedmiotu:**

Dynamika i sterowanie robotów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Marek Wojtyra, prof. uczelni, dr hab. inż. Paweł Malczyk, prof. uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Robotyka i Automatyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia): 30
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje): 5
Przygotowanie do zajęć: 5
Prace domowe: 20
Przygotowanie do sprawdzianów: 10
SUMA: 70

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1.5 ECTS – 35 h, w tym:
Zajęcia: 30 h
Konsultacje: 5 h

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

1. Znajomość podstawowych zagadnień z zakresu kinematyki i dynamiki manipulatorów.
2. Znajomość zagadnień z zakresu podstaw automatyki i sterowania.
3. Zalecana jest umiejętność obsługi pakietu MATLAB+Simulink.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Cele przedmiotu
C1. Zdobycie wiedzy i umiejętności z zakresu planowania trajektorii manipulatorów, w tym redundantnych.
C2. Zdobycie wiedzy i umiejętności dotyczących dynamiki manipulatorów, w tym algorytmizacji obliczeń.
C3. Zdobycie wiedzy i umiejętności w zakresie algorytmów sterowania pozycyjnego manipulatorów.
C4. Pozyskanie wiedzy z zakresu metod sterowania siłowego manipulatorów.

**Treści kształcenia:**

Wykłady
Planowanie trajektorii robotów – kształtowanie profilu prędkości, definiowanie ruchu we współrzędnych konfiguracyjnych i kartezjańskich, łączenie odcinków trajektorii, obliczenia kinematyczne, wykorzystanie jakobianu manipulatora.
Kinematyka manipulatorów redundantnych – metody jakobianowe, optymalizacja z wykorzystaniem jądra jakobianu, unikanie osobliwości, rozszerzony jakobian, priorytetyzacja zadań, cykliczność.
Dynamika manipulatorów – postać ogólna równań ruchu manipulatora, obliczenia rekurencyjne w zadaniu odwrotnym, algorytmy zadania prostego: bezpośredni i rekurencyjny, problem pętli kinematycznych, metody całkowania równań.
Sterowanie zdecentralizowane – liniowy model dynamiki osi manipulatora, struktury układów regulacji ze sprzężeniem zwrotnym i kompensującym typu feedforward, dobór regulatorów, tłumienie zakłóceń skrośnych, wpływ nieliniowości na jakość sterowania.
Sterowanie scentralizowane – manipulator jako nieliniowy, wielowymiarowy obiekt regulacji, elementy teorii stabilności Lapunowa, sterowanie na bazie zadania odwrotnego dynamiki wraz z technikami kompensacji niepewności parametrycznych.
Wprowadzenie do sterowania siłowego – oddziaływanie manipulatora z otoczeniem, sterowanie impedancyjne, elementy metod hybrydowego sterowania pozycyjno-siłowego manipulatorów.

Ćwiczenia
Wyznaczanie trajektorii manipulatorów w przestrzeni złączy i zadań.
Planowanie trajektorii manipulatorów redundantnych
Zadanie proste dynamiki dla manipulatora szeregowego w podejściu lagranżowskim.
Zadanie odwrotne dynamiki dla manipulatora szeregowego. Rekursywny algorytm Newtona-Eulera.
Sprawdzian cząstkowy z pierwszej części przedmiotu.
Sterowanie manipulatorem w niezależnych osiach (metoda obliczanego momentu).
Sterowanie scentralizowane z zastosowaniem zadania odwrotnego dynamiki.
Implementacja metod sterowania kompensującego niepewności parametryczne. Analiza porównawcza algorytmów sterowania pozycyjnego.
Sprawdzian cząstkowy z drugiej części przedmiotu.

**Metody oceny:**

Fd1-Fd4 – oceny z prac domowych (cztery serie),
Fs1-Fs2 – oceny ze sprawdzianów (dwa sprawdziany),
P – ocena podsumowująca (z uwzględnieniem ocen formujących, wystawianych za prace domowe i sprawdziany).
Ocenie podlegają prace domowe oraz dwa sprawdziany przeprowadzane w trakcie semestru. Szczegóły systemu oceniania są opublikowane pod adresem: https://ztmir.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Siciliano B., Sciavicco L., Villani G., Oriolo G., Robotics: Modelling, Planning and Control, Springer (2009).
2. Spong M. W., Hutchinson S., Vidyasagar M., Robot Modeling and Control, Wiley (2020).
3. Siciliano B., Khatib O. (Eds.), Springer Handbook of Robotics, Springer (2016).
4. Biagiotti L., Melchiorri C., Trajectory Planning for Automatic Machines and Robots, Springer (2008).
5. Jezierski E., Dynamika robotów, WNT (2006).
6. Dutkiewicz P., Kozłowski K., Wróblewski W., Modelowanie i sterowanie robotów, PWN (2003)
7. Materiały na stronie http://tmr.meil.pw.edu.pl (zakładka Dla Studentów).

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

-

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka EW1:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie algorytmów generowania trajektorii robotów, w tym redundantnych.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W01, AiR2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka EW2:**

Student ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę na temat dynamiki manipulatorów.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W06, AiR2\_W09, AiR2\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka EW3:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie zdecentralizowanych metod sterowania pozycyjnego manipulatorów.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W01, AiR2\_W03, AiR2\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

**Charakterystyka EW4:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie scentralizowanych metod sterowania pozycyjnego manipulatorów.

Weryfikacja:

prace domowe, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W03, AiR2\_W12, AiR2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_WG, P7U\_W, I.P7S\_WG.o

**Charakterystyka EW5:**

Student ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie metod sterowania siłowego manipulatorów.

Weryfikacja:

sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_W01, AiR2\_W03, AiR2\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka EU1:**

Student potrafi wygenerować trajektorię w przestrzeni złączowej i operacyjnej robota, w tym dla manipulatora redundantnego.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06, AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka EU2:**

Student potrafi wygenerować równania dynamiki manipulatora szeregowego z zastosowaniem podejścia lagranżowskiego.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U06, AiR2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka EU3:**

Student potrafi zaimplementować rekurencyjny algorytm Newtona-Eulera do rozwiązania zadania odwrotnego dynamiki manipulatora.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12, AiR2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, P7U\_U

**Charakterystyka EU4:**

Student potrafi zaimplementować w środowisku symulacyjnym metodę obliczanego momentu z rozszerzeniami oraz ocenić jakość wdrożonej regulacji.

Weryfikacja:

praca domowa, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12, AiR2\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P8S\_UW, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka EU5:**

Student potrafi zaimplementować scentralizowany algorytm sterowania pozycyjnego manipulatorem na bazie zadania odwrotnego dynamiki.

Weryfikacja:

prace domowe, sprawdzian

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** AiR2\_U12, AiR2\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P8S\_UW, III.P6S\_UW.o