



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Sterowanie robotami mobilnymi i pojazdami autonomicznymi [S1Elmob1>PO8-SRMiPA]

---

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Elektromobilność

Rok/Semestr  
3/6

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obieralny

---

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
15

Inne  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

3,00

---

### Koordynatorzy

prof. dr hab. inż. Maciej Michałek  
maciej.michalek@put.poznan.pl

### Wykładowcy

---

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z zakresu kinematyki i dynamiki, automatyki serwonapędów elektrycznych oraz z zakresu podstaw teorii sterowania i systemów. Ponadto student powinien posiadać umiejętność implementacji programów w języku Matlab, umiejętność budowy i testowania schematów blokowych w środowisku Simulink, umiejętność przedstawiania i interpretacji wyników symulacyjnych i eksperymentalnych za pomocą wybranych technik informacyjno-komunikacyjnych oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również wykazywać gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

## Cel przedmiotu

Celami przedmiotu są: prezentacja wybranych zagadnień związanych z kołową robotyką mobilną i pojazdami autonomicznymi; zarysowanie stanu wiedzy z obszaru modelowania pojazdów kołowych i algorytmizacji sterowania robotami mobilnymi oraz wysoko zautomatyzowanymi pojazdami użytkowymi; analiza praktycznych problemów związanych z projektowaniem i implementacją układów sterowania autonomicznych pojazdów kołowych oraz przedstawienie wybranych sposobów ich rozwiązania; wykształcenie umiejętności implementacji, testowania oraz oceny jakości działania wybranych algorytmów sterowania dla wysoko zautomatyzowanych pojazdów w kontekście wybranych zadań ruchu; kształtowanie u studentów umiejętności pracy w małym zespole.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Podstawowa wiedza z zakresu modelowania pojazdów kołowych na poziomie kinematyki i dynamiki; znajomość klasyfikacji i własności podstawowych kinematyk pojazdów kołowych, przegubowych i kołowo-gąsienicowych; uporządkowana podstawowa wiedza w zakresie projektowania systemów sterowania wysoko zautomatyzowanych pojazdów i robotów mobilnych (szczególnie klasy (3,0), (2,0) i (1,1)) dla wybranych zadań sterowania; znajomość zasadniczych struktur kaskadowych układów sterowania zautomatyzowanych pojazdów i robotów mobilnych oraz znajomość funkcji jakie pełnią poszczególne elementy składowe tych układów; świadomość fundamentalnych ograniczeń związanych z projektowaniem i realizacją sterowania dla pojazdów kołowych o ograniczonej mobilności; znajomość wybranych technik i algorytmów sterowania pojazdami autonomicznymi i robotami mobilnymi oraz ich własności; znajomość praktycznych aspektów oraz zalet i ograniczeń związanych z wykorzystaniem wybranych metod sterowania w praktyce; znajomość wybranych kryteriów oceny jakości działania algorytmów sterowania.
2. Podstawowa wiedza w zakresie aktualnych trendów rozwojowych kołowej robotyki mobilnej i automatyzacji pojazdów użytkowych oraz zadań ruchu i sterowania definiowanych dla robotów mobilnych i pojazdów autonomicznych; znajomość przykładów zastosowań robotów mobilnych i zautomatyzowanych pojazdów użytkowych; podstawowa wiedza na temat współpracujących połączonych grup pojazdów i zautomatyzowanych systemów autostradowych; podstawowa wiedza na temat czujników i aktuatorów stosowanych z zautomatyzowanymi pojazdami; podstawowe informacje i przykłady zastosowań z obszaru systemów wsparcia manewrów dla kierowców (tzw. DAS/ADAS).

Umiejętności:

1. Umiejętność implementacji i testowania modeli pojazdów kołowych oraz wybranych bloków funkcjonalnych układów sterowania tych pojazdów w środowisku symulacyjnym oraz w środowisku szybkiego prototypowania z wykorzystaniem platformy mobilnej.
2. Umiejętność dokonania podstawowej analizy uzyskanej jakości sterowania i porównania wybranych algorytmów sterowania w oparciu o poznane kryteria oceny.
3. Umiejętność projektowania (syntezy) układów sterowania z uwzględnieniem aspektów środowiskowych i ekonomicznych.

Kompetencje społeczne:

1. Umiejętność pracy w zespole w duchu odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania.
2. Świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych i ustawicznej aktualizacji wiedzy i umiejętności z obszaru pojazdów autonomicznych.

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

- A) W zakresie wykładów założone efekty kształcenia weryfikowane są przez ocenę wiedzy studenta podczas zaliczenia treści wykładowych w formie testu wyboru. Test zawiera 20 pytań, każde pytanie ma cztery odpowiedzi (A, B, C, D), z których dwie są poprawne i dwie niepoprawne. Zaznaczenie dwóch poprawnych odpowiedzi skutkuje zdobyciem 1 punktu za dane pytanie; zaznaczenie jednej poprawnej odpowiedzi i brak drugiej odpowiedzi skutkuje zdobyciem 0,5 punktu za dane pytanie; zaznaczenie jednej poprawnej i jednej niepoprawnej odpowiedzi (lub zaznaczenie dwóch niepoprawnych albo niezaznaczenie żadnej odpowiedzi) skutkuje uzyskaniem 0 punktów za dane pytanie. Zaliczenie testu na ocenę pozytywną wymaga zdobycia sumy punktów > 10.
- B) W zakresie zajęć laboratoryjnych weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez ocenę wyników zadań realizowanych przez zespoły studenckie podczas zajęć laboratoryjnych.

Sprawdzeniu i ocenie podlegają: jakość działania zaimplementowanych układów sterowania oraz odpowiedzi na pytania merytoryczne związane z wykonanymi zadaniami.

## Treści programowe

Program przedmiotu obejmuje następujące treści:

- wprowadzenie do problematyki robotyki mobilnej i pojazdów autonomicznych,
- matematyczne modele pojazdów stosowane do celów sterowania,
- definicja i cechy wybranych zadań sterowania robotami mobilnymi i pojazdami autonomicznymi,
- bloki i podsystemy funkcjonalne układów sterowania robotów mobilnych,
- wybrane algorytmy sterowania dla robotów mobilnych i pojazdów autonomicznych.

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

- pojęcia podstawowe: mobilność, mobilność ograniczona, kołowy pojazd (robot mobilny) autonomiczny / inteligentny / półautonomiczny / teleoperowany, pojazd zautomatyzowany;
- stopnie autonomii robotów mobilnych i stopnie automatyzacji pojazdów użytkowych wg standardu SAE J3016 (z naciskiem na poziomy 3-5);
- współczesne zastosowania i przykłady robotów mobilnych oraz zautomatyzowanych pojazdów; przykłady robotyzacji pojazdów użytkowych; praktyczne motywacje automatyzacji pojazdów;
- cechy lokomocji kołowej i kołowo-ślizgowej; rodzaje kół pojazdów i robotów mobilnych;
- matematyczny opis modeli ruchu pojazdów samochodowych, kołowych robotów mobilnych (pięciu podstawowych klas kinematycznych: (3,0), (2,0), (1,1), (2,1), (1,2)) oraz wybranych pojazdów przegubowych do celów sterowania; stopnie swobody pojazdu w ruchu płaskim i wskaźniki kinematyczne (stopień mobilności, sterowności i manewrowości), więzy kinematyczne i ich spełnienie w warunkach praktycznych (modele nieholonomiczne vs. modele bez więzów);
- sposoby przenoszenia napędu i realizacji ruchu, mechanizm różnicowy, mechanizm Ackermanna, ruch wszechkierunkowy a mobilność ograniczona;
- wektor postury i konfiguracji platformy pojazdu, reprezentacje orientacji platformy, chwilowy środek obrotu platformy pojazdu;
- podstawowe czujniki/sensory pojazdów zautomatyzowanych;
- ogólny schemat funkcjonalny układu sterowania ruchem pojazdu autonomicznego (robotu mobilnego);
- zadanie ruchu a zadanie sterowania; definicja podstawowych zadań ruchu i zadań sterowania dla pojazdów zautomatyzowanych, a w szczególności pojazdów autonomicznych oraz przykłady ich praktycznej realizacji; problem unikania kolizji z przeszkodami;
- matematyczne sformułowanie zadania ruchu (generator sygnałów referencyjnych - sposoby realizacji obliczeń);
- struktury i projektowanie podstawowych kaskadowych układów sterowania stosowanych w autonomicznych pojazdach i robotach mobilnych; opis algorytmów sterowania dla wybranych zadań sterowania;
- jakościowe kryteria porównawcze algorytmów sterowania;
- praktyczne aspekty realizacji układów sterowania dla robotów mobilnych i zautomatyzowanych pojazdów: jakość sterowania w warunkach praktycznych, ograniczenia sygnałów sterujących i blok skalowania prędkości, problem pomiaru sygnałów zwrotnych,
- podstawowe bloki sprzętowe układów sterowania robotów mobilnych i zautomatyzowanych pojazdów;
- wybrane przykłady praktycznych i doświadczalnych systemów sterowania kołowych robotów mobilnych oraz zautomatyzowanych pojazdów użytkowych i przegubowych;

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie ośmiu 2-godzinnych ćwiczeń odbywających się w laboratorium. Ćwiczenia realizowane są przez dwu- lub kilkusobowe zespoły studentów. Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia (realizacja zadań w środowisku Matlab-Simulink),

- implementacja i testowanie wybranych modeli pojazdów kołowych, bloku skalowania prędkości oraz generatorów sygnałów referencyjnych,
- implementacja i testowanie wybranych algorytmów sterowania ruchem dla modelu robota mobilnego klasy (2,0) lub (1,1).

## Metody dydaktyczne

A) Wykłady: prezentacja multimedialna (slajdy, animacje, filmy video, symulacje) dodatkowo ilustrowana wybranymi przykładami i wyprowadzeniami podawanymi na tablicy.

B) Ćwiczenia laboratoryjne: zadania programistyczno-symulacyjne dotyczące implementacji i weryfikacji układu sterowania robota mobilnego w środowisku symulacyjnym.

## Literatura

Podstawowa:

1. Sterowanie robotów mobilnych. Laboratorium, M. Michałek, D. Pazderski, WPP, Poznań, 2012
2. Vehicle dynamics and control. Second edition, R. Rajamani, Springer, 2012

Uzupełniająca:

1. Wheeled mobile robotics. From fundamentals towards autonomous systems, G. Klancar, A. Zdesar, S. Blazic, I. Skrjanc, B-H, 2017
2. Handbook of intelligent vehicles, A. Eskandarian (ed.), Springer, 2012
3. Autonomous intelligent vehicles. Theory, algorithms, and implementation, H. Cheng, Springer, 2011
4. Principles of Robot Motion. Theory, Algorithms, and Implementations, H. Choset, K. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. Kavraki, S. Thrun, The MIT Press, Cambridge, 2005
5. Motion control of wheeled mobile robots, P. Morin, C. Samson, Springer Handbook of Robotics, 2008

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

|                                                                                                                                                      | Godzin | ECTS |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
| Łączny nakład pracy                                                                                                                                  | 85     | 3,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem                                                                                            | 47     | 1,50 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu) | 38     | 1,50 |