



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Sterowanie neurorozmyte

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

Systemy automatyki i robotyki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

niestacjonarne

Rok/semestr

2 / 3

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obieralny

### Liczba godzin

Wykład

12

Laboratoria

12

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Jakub Bernat

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

email: [Jakub.Bernat@put.poznan.pl](mailto:Jakub.Bernat@put.poznan.pl)

tel. 61 6652751

Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki

ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Wiedza: Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę ze sterowania układami dynamicznymi (układ ze sprzężeniem zwrotnym, stabilność, działanie regulatorów, kompensacja, opis w przestrzeni stanu) oraz z podstaw robotyki (kinematyka manipulatora, jakobian, równania dynamiki, trajektoria).

Umiejętności: Powinien posiadać umiejętność rozwiązywania podstawowych problemów z algebry liniowej, logiki i analizy matematycznej oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji.



Kompetencje Społeczne: Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, szacunek dla innych ludzi.

### Cel przedmiotu

Przekazanie studentom wiedzy o wybranych zagadnieniach sterowania przy pomocy struktur sztucznych sieci neuronowych oraz zagadnieniach wnioskowania opartego na logice rozmytej.

2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów związanych ze sterowaniem z naciskiem na praktyczne wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych i logiki rozmytej.
3. Kształtowanie u studentów umiejętności doboru właściwej struktury sieci lub systemu wnioskowania rozmytego na podstawie opisu sterowania i eksperymentów symulacyjnych oraz prawidłowej oceny jakości działania zaproponowanego rozwiązania.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

#### Wiedza

1. ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie metod sztucznej inteligencji i ich zastosowania w systemach automatyki i robotyki [K2\_W2]
2. ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę z zakresu modelowania oraz identyfikacji systemów liniowych i nieliniowych [K2\_W5]
3. ma zaawansowaną i pogłębioną wiedzę w zakresie metod analizy i projektowania systemów sterowania [K2\_W7]

#### Umiejętności

1. potrafi przeprowadzić symulację i analizę działania złożonych układów automatyki oraz zaplanować i przeprowadzić weryfikację eksperymentalną [K2\_U9]
2. potrafi krytycznie ocenić i dobrać odpowiednie metody i narzędzia do rozwiązania zadania z zakresu automatyki i robotyki; potrafi wykorzystać narzędzia nowatorskie i niekonwencjonalne z zakresu automatyki i robotyki [K2\_U22]
3. potrafi skonstruować algorytm rozwiązania złożonego i nietypowego zadania inżynierskiego i prostego problemu badawczego oraz zaimplementować, przetestować i uruchomić go w wybranym środowisku programistycznym dla wybranych systemów operacyjnych [K2\_U25]

#### Kompetencje społeczne

1. posiada świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej w tym jej wpływ na środowisko i związaną z tym odpowiedzialność za podejmowane decyzje; jest gotów do rozwijania dorobku zawodowego [K2\_K4]

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:



a) w zakresie wykładów: na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach,

b) w zakresie projektu: na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań,

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na zaliczeniu pisemnym o charakterze problemowo-obliczeniowym złożonym z 3 pytań (każde pytanie za 10 pkt).

ii. omówienie wyników zaliczenia,

b) w zakresie projektu weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

ocenę z przygotowanego przez studenta (grupę studentów) projektu.

Zasady oceniania (dla zaliczenia z wykładu oraz projektu):

5,0 - powyżej 90% punktów

4,5 - 80%-90% punktów

4,0 - 70%-80% punktów

3,5 - 60%-70% punktów

3,0 - 50%-60% punktów

2,0 - poniżej 50% punktów

### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Przedstawienie problematyki sterowania neurozmytego. Wpływ najnowszych osiągnięć z sieci neuronowych, w tym głębokiego uczenia, na automatykę i robotykę.
2. Identyfikacja oraz sterowanie za pomocą sieci neuronowych. Zastosowanie twierdzenia ang. „Universal approximation theorem” do aproksymacji nieliniowej dynamiki. Identyfikacja za pomocą struktury równoległej, szeregowo-równoległej. Przedstawienie modeli używanych w sterowaniu neuronowym: NARMA, NARMA-L1, NARMA-L2 oraz możliwości ich wykorzystania do sterowania.
3. Wykorzystanie sieci neuronowych w metodach sterowania, a w szczególności: sterowanie adaptacyjne z użyciem liniowo parametrycznych sieci neuronowych oraz sterowanie predykcyjne z neuronowym modelem układu dynamicznego. Architektury sieci neuronowych oraz metody głębokiego uczenia w problemach sterowania.



4. Uczenie przez wzmacnianie w problemach sterowania i problemach automatyki i robotyki.
5. Podstawy matematyczne systemów rozmytych. Operacje na zbiorach rozmytych (miary rozmytości zbiorów rozmytych, rozmytość a prawdopodobieństwo, reguły rozmyte wnioskowania, systemy wnioskowania rozmytego Mamdaniego-Zadeha, model wnioskowania Takagi-Sugeno-Kanga). Si Regulatory rozmyte (ogólne zasady konstrukcji regulatorów rozmytych, np. dwustanowych, liniowych, z aproksymacją odcinkami prostych, regulatory PI i PID rozmyte).

Zajęcia projektowe prowadzone są w formie 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium, poprzedzonych 2-godzinną sesją instruktazową na początku semestru. Na początku semestru studentom wydawane są opisy projektów do realizacji w ramach ćwiczeń. Projekty realizowane są indywidualnie lub w 2-osobowych zespołach, stosownie do spodziewanej trudności realizacji projektu.

Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia:

Wybrane problemy i metody doboru danych uczących, tworzenia zbioru walidacyjnego i testowego dla sztucznych sieci neuronowych w problemach sterowania. Analiza wyboru rodzaju sieci stosownie do typu rozwiązywanego przez sieć problemu sterowania, dobór architektury sieci i optymalizacja tej architektury, rozwiązywanie problemów: sieć nie może się nauczyć, sieć przeuczona, zdolność sieci do generalizacji nabytej wiedzy. Wykorzystanie własności różnych typów sieci w sterowaniu.

Rozwiązywanie problemów sterowania adaptacyjnego oraz predykcyjnego. Poznanie oraz budowanie systemów wnioskowania i sterowania rozmytego.

Część wymienionych wyżej treści programowych jest realizowana w pracy własnej studenta.

### Metody dydaktyczne

Metody dydaktyczne:

1. wykład: prezentacja multimedialna, prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy oraz pokazami multimedialnymi i demonstracjami wykorzystującymi m. in. skrypty w języku Python.
2. ćwiczenia projektowe: wykonywanie eksperymentów, badanie przygotowanych problemów realizacji i metod nauki sztucznych sieci neuronowych, dyskusja, praca w zespole, pokaz multimedialny, warsztaty - samodzielne opracowanie projektu wybranej sieci neuronowej i metody jej nauki, stosowanej do rozwiązania postawionego problemu sterowania, optymalizacji, klasyfikacji, itp.

### Literatura

Podstawowa

1. Ian Goodfellow, Yoshua Benglo, Aaron Courville, Deep Learning systemy uczące się, PWN, 2018
2. Osowski S., Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000 rok.
3. Osowski S., Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, WNT, Warszawa, 1996 rok.



4. Andrzej Piegat, Modelowanie i sterowanie rozmyte, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1999

Uzupełniająca

1. Piotr Tatjewski, Sterowanie Zaawansowane obiektów przemysłowych – struktury i algortmy
2. R. S. Sutton and A. G. Barto, Reinforcement Learning – An introduction, The MIT Press, 2018
3. Kumpati S. Narendra, Snehasis Mukhopadhyay, Adaptive Control Using Neural Networks and Approximate Models, IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 8, No. 3, 1997
4. Kumpati S. Narendra, Neural Networks for Control: Theory and Practice, Proceedings Of The IEEE, Vol 84, No. 10, 1996
5. Martin T. Hagan, Howard B. Demuth and Orlando De Jesus, An introduction to the use of neural networks in control systems, Int. J. Robust Nonlinear Control, Vol. 12, 2002
6. Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton, Deep learning, Nature, Vol. 21, 2015

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	24	1,0
raca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych, przygotowanie do kolokwiów i egzaminu) <sup>1</sup>	76	3,0

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