



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Sterowanie neurorozmyte

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Studia w zakresie (specjalność)

Systemy sterowania i robotyki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1 / 2

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

15

Laboratoria

0

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

30

### Liczba punktów ECTS

3

### 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 3, 60-965 Poznań

### Wymagania wstępne

Wiedza: Student powinien posiadać wiedzę z systemów teorii sterowania, a w szczególności zagadnienia związane z stabilnością, modelowaniem układów ciągłych i dyskretnych, identyfikacją systemów oraz sterowaniem adaptacyjnym. Powinien znać podstawy sieci neuronowych, metod uczenia sieci oraz metody związane z głębokimi sieciami neuronowymi. Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z matematyki oraz programowania.

Umiejętności: Student powinien posiadać umiejętność programowania oraz symulacji układów dynamicznych. Powinien posiadać umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien ponadto posiadać umiejętność rozwiązywania problemów z zakresu podstaw automatyki i teorii sterowania. Powinien posiadać zdolność aktywnego uczestniczenia w zorganizowanych wykładach dla



dużej grupy osób, świadomość konieczności poszerzania wiedzy teoretycznej i praktycznej i ustawicznego uaktualniania zdobytej wiedzy z uwagi na dynamiczne zmiany technologiczne i układowe we współczesnej technice.

Kompetencje Społeczne: Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji i mieć gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu realizującego np. wspólny projekt.

### Cel przedmiotu

1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z sterowania systemów za pomocą sztucznej inteligencji. W szczególności przedstawienie metod identyfikacji oraz sterowania przy wykorzystaniu sieci neuronowych, w tym sieci głębokich sieci neuronowych. Omówienie podstaw logiki rozmytej oraz jej wykorzystania do modelowania i sterowania. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów z automatyki i robotyki za pomocą sztucznej inteligencji, takich jak na przykład: podejmowanie decyzji w warunkach braku wszystkich danych (lub dysponowanie tylko danymi niepewnymi), realizacja systemów posługujących się „rozumowaniem racjonalnym”, sterowanie obiektami o złożonej dynamice i silnej nieliniowości modelu, trudnymi do identyfikacji.
2. Kształtowanie u studentów umiejętności pracy zespołowej podczas realizacji końcowego projektu w ramach laboratorium.

### 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. Zagadnienie dynamicznej oraz statycznej propagacji wstecznej. Zastosowanie twierdzenia ang. „Universal approximation theorem” do



aproxymacji 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).
6. Sieci neuronowe rozmyte (struktura sieci rozmytej TSK, struktura sieci Wanga-Mendela, algorytm hybrydowy uczenia sieci rozmytych, algorytm samoorganizacji w zastosowaniu do uczenia sieci rozmytej, adaptacyjny algorytm samoorganizacji dla sieci rozmytej). 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 instruktorską 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

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 Bengio, 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	80	3,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	45	2,0
raca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć projektowych, przygotowanie do kolokwiiów/zaliczenia, wykonanie projektu) <sup>1</sup>	35	1,0

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