

<b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>		
Nazwa modułu/przedmiotu <b>Sztuczne sieci neuronowe i sterowanie neurorozmyte</b>		Kod <b>1010545121010551576</b>
Kierunek studiów <b>Automatyka i robotyka</b>	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) <b>ogólnoakademicki</b>	Rok / Semestr <b>1 / 2</b>
Ścieżka obieralności/specjalność <b>Wbudowane systemy sterowania</b>	Przedmiot oferowany w języku: <b>polski</b>	Kurs (obligatoryjny/obieralny) <b>obligatoryjny</b>
Stopień studiów: <b>II stopień</b>	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) <b>niestacjonarna</b>	
Godziny Wykłady: <b>16</b> Ćwiczenia: - Laboratoria: <b>16</b> Projekty/seminaria: -		Liczba punktów <b>4</b>
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) <b>kierunkowy</b>		(ogólnouczelniany, z innego kierunku) <b>z danego kierunku</b>
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki <b>nauki techniczne</b>  <b>nauki techniczne</b>		Podział ECTS (liczba i %) <b>4 100%</b>  <b>4 100%</b>
<b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b> Prof. dr hab. inż. Andrzej Rybarczyk email: Andrzej.Rybarczyk@put.poznan.pl tel. 61 6652199 Katedra Inżynierii Komputerowej PP ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań		
<b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>		
1	<b>Wiedza:</b>	Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z matematyki ? w tym, głównie rachunku macierzowego, znajomość elementów logiki matematycznej, podstaw analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa. Powinien posiadać umiejętność rozwiązywania układów równań liniowych i nieliniowych.
2	<b>Umiejętności:</b>	Powinien posiadać umiejętność sprawnej obsługi komputera klasy PC oraz urządzeń zewnętrznych oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien ponadto posiadać podstawową wiedzę 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.
3	<b>Kompetencje społeczne</b>	. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji i mieć gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu realizującego np. wspólny projekt.
<b>Cel przedmiotu:</b> 1. Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z sztucznej inteligencji (ang. Artificial Intelligence) ? obejmującej zagadnienia logiki rozmytej, obliczeń ewolucyjnych, sieci neuronowych, i ich wykorzystania zwłaszcza w problemach automatyki i robotyki. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania tzw. problemów AI - trudnych, jak np.: podejmowanie decyzji w warunkach braku wszystkich danych (lub dysponowanie tylko danymi niepewnymi), realizacja systemów posługujących się ?rozumowaniem racjonalnym?, zarządzanie wiedzą, preferencjami i informacją w robotyce, systemy eksperckie i diagnostyczne, 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..		
<b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>		
<b>Wiedza:</b>		

1. ma wiedzę w zakresie sztucznej inteligencji, w tym metody matematyczne i metody numeryczne niezbędną do wykorzystania w liniowych i podstawowych nieliniowych systemach dynamicznych i statycznych oraz dla procesów losowych i wielkości niepewnych, a także dla opisu algorytmów sterowania i opisu, analizy oraz metod przetwarzania sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości; - [KW\_1]
2. ma wiedzę w zakresie wybranych działów sieci neuronowych i systemów rozmytych niezbędną do zrozumienia podstawowych zjawisk fizycznych występujących w elementach i układach automatyki i robotyki oraz w ich otoczeniu; - [KW\_2]
3. ma elementarną wiedzę w zakresie teorii i podstawowych metod sztucznej inteligencji i systemów decyzyjnych; - [KW\_7]
4. zna podstawowe kryteria syntezy i metody strojenia regulatorów, narzędzia i techniki automatycznego doboru nastaw regulatorów oraz identyfikacji obiektów sterowania z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji; - [KW\_17]
5. Ma podstawową wiedzę w zakresie układów sztucznej inteligencji, w tym głównie układów sztucznych sieci neuronowych, sieci neuronowych rozmytych i systemów rozmytych (wnioskowania rozmytego ? Mamdaniego-Zadeha, Takagi-Sugeno-Kanga, itp.). Zna i rozumie zasady uczenia sztucznych sieci neuronowych i systemów rozmytych i ma wiedzę niezbędną do realizacji tego procesu. - [KW\_8]
6. Potrafi określić typy preferowanych rodzajów układów neuronowych lub rozmytych do postawionego zadania sterowania, optymalizacji lub innego problemu automatyki. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie, szczegółową wiedzę w zakresie projektowania i analizy systemów optymalnych; - [KW\_8]

#### **Umiejętności:**

1. potrafi krytycznie korzystać z informacji literaturowych, baz danych i innych źródeł w języku polskim i obcym; - [KU\_1]
2. potrafi dobrać rodzaj i parametry układu pomiarowego, jednostki sterującej neuronowej lub systemu rozmytego oraz modułów peryferyjnych i komunikacyjnych dla wybranego zastosowania układu neuronowego, neuro-rozmytego lub rozmytego oraz dokonać ich integracji w postaci wynikowego systemu pomiarowo-sterującego; - [KU\_22]
3. potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich z zastosowaniem układów neuronowych, neuro-rozmytych lub rozmytych (systemów wnioskowania rozmytego) z zakresu automatyki i robotyki, a także optymalizacji tych układów; - [KU\_23]
4. potrafi skonstruować algorytm dla prostego zadania inżynierskiego oraz zaimplementować, przetestować i uruchomić go w wybranym środowisku programistycznym obsługującym realizację sztucznych sieci neuronowych i systemów neuro-rozmytych oraz przeprowadzić proces nauki zaprojektowanego systemu w tym środowisku (np. środowisko MATLAB) - na komputerze klasy PC; - [KU\_26]
5. Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wnioskować oraz formułować i uzasadniać opinie. Potrafi pracować indywidualnie i w zespole; umie oszacować czas potrzebny na realizację zleconego zadania; potrafi opracować i zrealizować harmonogram prac zapewniający dotrzymanie terminów. - [KU\_12]
6. Potrafi przygotować i przedstawić krótką prezentację wyników realizacji zadania inżynierskiego. Potrafi opracować dokumentację dotyczącą realizacji zadania inżynierskiego i przygotować tekst zawierający omówienie wyników; - [KU\_12]

#### **Kompetencje społeczne:**

1. posiada świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz gotowość podporządkowania się zasadom pracy w zespole i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania; potrafi kierować małym zespołem, wyznaczać cele i określać priorytety prowadzące do realizacji zadania ? potrafi przygotować prosty harmonogram prac projektu zespołowego; - [K\_K3]
2. potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania w ramach projektu indywidualnego lub zespołowego dotyczące architektury systemu, metody i procesu uczenia, sposobów pozyskiwania danych do zbioru uczącego system neuronowy lub rozmyty, posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych; - [K\_K4]
3. posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych, skrupulatnego zapoznania się z dokumentacją oraz warunkami środowiskowymi, w których urządzenia i ich elementy mogą funkcjonować i ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej; - [K\_K5]

#### **Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia**

Ocena formująca:

- a) w zakresie wykładów: na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach,
- b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń: na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań,

Ocena podsumowująca:

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

i. ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym o charakterze problemowym złożonym z 5 pytań spośród 40 pytań przedstawionych na ogólnej liście pytań, udostępnionej wcześniej studentom.

Zasady oceniania:

5,0 - powyżej 90% punktów z egzaminu(W);średnia ocen z ćwiczeń lab. powyżej 4,75 (L)

4,5 - 80%-90% punktów z egzaminu (W);średnia ocen z ćwiczeń lab. 4,25-4,75 (L)

4,0 - 70%-80% punktów z egzaminu (W);średnia ocen z ćwiczeń lab. 3,75-4,25 (L)

3,5 - 60%-70% punktów z egzaminu(W);średnia ocen z ćwiczeń lab. 3,25-3,75 (L)

3,0 - 50%-60% punktów z egzaminu(W);średnia ocen z ćwiczeń lab. 2,75-3,25 (L)

2,0 - poniżej 50% punktów z egzaminu(W);średnia ocen z ćwiczeń lab. poniżej 2,75 (L)

ii. omówienie wyników zaliczenia,

- b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

a. ocenę przygotowania studenta do poszczególnych sesji zajęć laboratoryjnych (sprawdzian ?wejściowy

### **Treści programowe**

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Podstawy biologiczne działania neuronu, rodzaje modeli sieci neuronowej, przegląd zastosowań sieci neuronowych.
2. Modele neuronów i metody ich uczenia (perceptron, neuron sigmoidalny, neuron typu adaline, instar i outstar Grossberga, neurony typu WTA, model neuronu Hebba, model stochastyczny neuronu).
3. Sieci jednokierunkowe wielowarstwowe typu sigmoidalnego (FFT) - sieć jednowarstwowa, sieć wielowarstwowa perceptronowa, algorytmy gradientowe uczenia sieci (metoda propagacji wstecznej, dobór współczynnika uczenia, metody heurystyczne uczenia sieci, porównanie efektywności algorytmów uczących, elementy optymalizacji globalnej, metody inicjalizacji wag.
4. Problemy praktycznego wykorzystania sieci neuronowych. Zasady doboru architektury sieci (dobór optymalnej architektury sieci, metody rozbudowy sieci, dobór próbek uczących sieci, wtrącanie szumu do wzorców uczących, przykłady zastosowań sieci perceptronowej). Sieci neuronowe radialne (podstawy matematyczne, sieć neuronowa radialna, metody uczenia sieci neuronowych radialnych, przykłady zastosowania sieci radialnych, metody doboru liczby funkcji bazowych, porównanie sieci radialnych z sieciami sigmoidalnymi).
5. Sieci rekurencyjne jako pamięci asocjacyjne (sieć autoasocjacyjna Hopfielda, sieć Hamminga, sieć typu BAM, itp.).
6. Sieci rekurencyjne tworzone na podstawie perceptronu (sieć perceptronowi ze sprzężeniem zwrotnym, sieć rekurencyjna Elmana, sieć RTRN). Sieci samoorganizujące się na zasadzie współzawodnictwa (zależności podstawowe sieci samoorganizujących się przez współzawodnictwo, algorytmy uczące sieci samoorganizujących, zastosowania sieci samoorganizujących, sieć hybrydowa).
7. 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).
8. Sieci neuronowe rozmyte (struktura sieci rozmytej TSK, struktura sieci Wangi-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).
9. Sieci neuronowe komórkowe (rodzaje sieci komórkowych, sieć komórkowa Kohonena (sąsiedztwo prostokątne), uczenie sieci komórkowych, zastosowania).

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium, poprzedzonych 2-godzinną sesją instruktażową na początku semestru. Wstępna część laboratorium to ćwiczenia realizowane przez 1-osobowe zespoły studentów wg. ćwiczeń wybranych przez prowadzącego, a podanych w skrypcie do laboratorium. Pod koniec 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. Zapoznanie się z metodą propagacji wstecznej uczenia sieci, znaczenie i wybór metody optymalizacji stosowanej w uczeniu sieci. Analiza wyboru rodzaju sieci stosownie do typu rozwiązywanego przez sieć problemu, dobór architektury sieci i optymalizacja tej architektury (twierdzenie Kołmogorowa), rozwiązywanie problemów: ?sieć nie może się nauczyć, sieć przeuczona? ? zdolność sieci do generalizacji nabytej wiedzy. Wykorzystanie własności różnych typów sieci w zagadnieniach klasyfikacji, sterowania, optymalizacji, przetwarzania obrazów, itd. Zastosowania sieci ?rozmytych? ? specyfika wybranych typów sieci ? przydatność tych sieci w sterowaniu wybranych prostych obiektów automatyki.

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. program MATLAB
2. ćwiczenia laboratoryjne: wykonywanie eksperymentów ? badanie przygotowanych problemów realizacji i metod nauki sztucznych sieci neuronowych (wykorzystanie skryptu z opracowanymi ćwiczeniami ? płyta CD), 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. Osowski S., Sieci neuronowe do przetwarzania informacji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2000 rok.
2. Osowski S., Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, WNT, Warszawa, 1996 rok.
3. Tadeusiewicz R., Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 1999.

#### Literatura uzupełniająca:

1. Sztuczne sieci neuronowe ? Laboratorium, praca zbiorowa pod red. A. Rybarczyka, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Wyd.I, Poznań 2007, ISBN 978-83-7143-261-3, Wydanie II (2009).
2. Żurada J., Barski M., Jędruch W., Sztuczne sieci neuronowe, PWN, Warszawa, 1997.

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

Czynność	Czas (godz.)
----------	--------------

1. udział w zajęciach laboratoryjnych / ćwiczeniach	16
2. udział w konsultacjach (częściowo mogą być realizowane drogą elektroniczną) związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych / projektu	6 10
3. napisanie programu / programów, uruchomienie i weryfikacja (czas poza zajęciami laboratoryjnymi)	18
4. opracowanie tematów do projektów symulacyjnych	10
5. przygotowanie do sprawdzianów / kolokwium	16
6. udział w wykładach	2
7. omówienie wyników egzaminu	12
8. przygotowanie do egzaminu i obecność na egzaminie	
<b>Obciążenie pracą studenta</b>	
<b>forma aktywności</b>	<b>godzin</b>
<b>ECTS</b>	
Łączny nakład pracy	90
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	40
Zajęcia o charakterze praktycznym	44