

| <b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>  |   |   |
|--|---|---|
| Nazwa modułu/przedmiotu<br><b>Sterowanie neuro-rozmyte</b>   |   | Kod<br><b>1010532111010550448</b>   |
| Kierunek studiów<br><b>Automatyka i robotyka</b>   | Profil kształcenia<br>(ogólnoakademicki, praktyczny)<br><b>ogólnoakademicki</b> | Rok / Semestr<br><b>1 / 1</b>   |
| Ścieżka obieralności/specjalność<br><b>Automatyka</b>  | Przedmiot oferowany w języku:<br><b>polski</b>                                  | Kurs (obligatoryjny/obieralny)<br><b>obligatoryjny</b>  |
| Stopień studiów:<br><b>II stopień</b>  | Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna)<br><b>stacjonarna</b>                |   |
| Godziny<br>Wykłady: <b>30</b> Ćwiczenia: <b>15</b> Laboratoria: <b>30</b> Projekty/seminaria: <b>-</b>   |   | Liczba punktów<br><b>5</b>  |
| Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) (ogólnouczelniany, z innego kierunku)<br><b>kierunkowy z danego kierunku</b>  |   |   |
| Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki  |   | Podział ECTS (liczba i %)   |
| <b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b>   |   |   |
| dr. inż. Waldemar Wróblewski<br>email: Waldemar.Wroblewski@put.poznan.pl<br>tel. 61 6652368<br>Wydział Informatyki<br>ul. Piotrowo 3a, 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 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, trajektorii). |
| 2  | <b>Umiejętności:</b>  | 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.  |
| 3  | <b>Kompetencje społeczne</b>  | Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, szacunek dla innych ludzi.   |
| <b>Cel przedmiotu:</b>   |   |   |
| 1. Przekazanie studentom wiedzy o wybranych strukturach sztucznych sieci neuronowych i algorytmach ich uczenia oraz zagadnieniach wnioskowania opartego na logice rozmytej.<br>2. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów związanych ze sterowaniem z naciskiem na praktyczne wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych i logiki rozmytej.<br>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. |   |   |
| <b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>  |   |   |
| <b>Wiedza:</b>   |   |   |
| 1. ma wiedzę w zakresie wybranych działów fizyki niezbędną do zrozumienia podstawowych zjawisk fizycznych występujących w elementach i układach automatyki i robotyki, a w szczególności wykorzystujących techniki neuronowe i wnioskowanie rozmyte; - [K_W2]<br>2. ma rozszerzoną wiedzę z zakresu modelowania układów sterowania wykorzystujących sztuczne sieci neuronowe i techniki wnioskowania rozmytego; - [K_W5]<br>3. ma elementarną wiedzę w zakresie teorii i podstawowych metod sztucznej inteligencji i systemów decyzyjnych; - [K_W7]  |   |   |
| <b>Umiejętności:</b>   |   |   |
| 1. przeprowadzić symulację i analizę działania złożonego układu sterowania, w którym wykorzystano sterownik neuronowy lub rozmyty, a także zaplanować i przeprowadzić weryfikację symulacyjną i eksperymentalną; - [K_U9]<br>2. krytycznie ocenić i dobrać odpowiednie metody i narzędzia do rozwiązania zadań i problemów z zakresu automatyki i robotyki wykorzystując techniki neuro-rozmyte; będzie potrafił wykorzystywać narzędzia szybkiego prototypowania do projektowania niekonwencjonalnego systemu sterownia; - [K_U22]  |   |   |
| <b>Kompetencje społeczne:</b>  |   |   |

1. posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych, skrupulatnego zapoznania się z dokumentacją oraz warunkami środowiskowymi, w których urządzenia i ich elementy mogą funkcjonować; - [K\_K4]
2. posiada świadomość złożoności metod i algorytmów uczenia sztucznych sieci neuronowych i wnioskowania rozmytego, a także konieczności indywidualnego podejścia przy rozwiązywaniu postawionych zadań i problemów - [-]

### Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia

Ocena formująca:

- a) 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, częściowo w formie testu,
  - ii. omówienie wyników egzaminu podczas rozmowy indywidualnej,
- b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:
- i. ocenę umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych oraz wybranych zadań problemowych,
  - ii. ocenę sprawozdania przygotowywanego częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu; ocena ta obejmuje także umiejętność pracy w zespole.
- Uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za:
- i. omówienia dodatkowych aspektów zagadnienia,
  - ii. efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanych problemów,
  - iii. umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium,
  - iv. uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych,
  - v. wskazywanie trudności percepcyjnych studentów umożliwiające bieżące doskonalenie procesu dydaktycznego.

### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Modele matematyczne i architektury połączeń sztucznych sieci neuronowych; algorytmy ich uczenia. Prosta sieć perceptronowa; algorytm Rosenblatta uczenia tej sieci. Adaptacyjny liniowy sumator ważony Adaline; algorytm Widrowa-Hoffa uczenia; sieci Madaline. Sieci wielowarstwowe; algorytm wstecznej propagacji błędów i jego modyfikacje. Sieci radialne; twierdzenie Covera; regularyzacja sieci radialnych; metoda k-means (skupiania) sieci radialnych. Elementy teorii jednokierunkowych sieci neuronowych: uogólnienie, aproksymacja; wymiar Vapnika-Chervonenkisa. Zbiory ostre i rozmyte; funkcja przynależności; własności zbiorów rozmytych; normy trójkątne. Operacje na zbiorach rozmytych; twierdzenie o dekompozycji. Iloczyn kartezjański zbiorów rozmytych; zasada rozszerzania. Liczby rozmyte; reprezentacje L-P liczb rozmytych. Systemy wnioskowania rozmytego; fuzyfikacja; wnioskowanie, agregacja, defuzyfikacja (metoda Takagi-Sugeno i Mamdaniego). Przykłady zastosowania omówionych zagadnień w sterowaniu. Techniki neuro-rozmyte, dobór parametrów urządzeń sterujących.

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Modele matematyczne i architektury połączeń sztucznych sieci neuronowych; algorytmy ich uczenia. Prosta sieć perceptronowa; algorytm Rosenblatta uczenia tej sieci. Adaptacyjny liniowy sumator ważony Adaline; algorytm Widrowa-Hoffa uczenia; sieci Madaline. Sieci wielowarstwowe; algorytm wstecznej propagacji błędów i jego modyfikacje. Sieci radialne; twierdzenie Covera; regularyzacja sieci radialnych; metoda k-means (skupiania) sieci radialnych. Elementy teorii jednokierunkowych sieci neuronowych: uogólnienie, aproksymacja; wymiar Vapnika-Chervonenkisa. Zbiory ostre i rozmyte; funkcja przynależności; własności zbiorów rozmytych; normy trójkątne. Operacje na zbiorach rozmytych; twierdzenie o dekompozycji. Iloczyn kartezjański zbiorów rozmytych; zasada rozszerzania. Liczby rozmyte; reprezentacje L-P liczb rozmytych. Systemy wnioskowania rozmytego; fuzyfikacja; wnioskowanie, agregacja, defuzyfikacja (metoda Takagi-Sugeno i Mamdaniego). Przykłady zastosowania omówionych zagadnień w sterowaniu. Techniki neuro-rozmyte, dobór parametrów urządzeń sterujących.

Ćwiczenia audytorialne prowadzone są w formie ośmiu dwugodzinnych zajęć, na których studenci rozwiązują zadania rachunkowe ilustrujące treści przekazywane na wykładzie.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu dwugodzinnych spotkań, odbywających się w laboratorium. Podczas zajęć dwuosobowe zespoły realizują ćwiczenia laboratoryjne oraz rozwiązują wybrane zadania problemowe. Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia:

- i. Klasyfikacja danych za pomocą sieci neuronowej na przykładzie map bitowych reprezentujących litery alfabetu. Studenci zapoznają się z metodologią stosowania sieci neuronowych, przygotowaniem danych na potrzeby uczenia sieci oraz zapoznają się z wpływem struktury i parametrów sieci na proces uczenia/rozpoznawania wzorców.
- ii. Wykorzystanie sieci neuronowej jako sterownika ruchu dwukołowego robota mobilnego. Studenci przygotowują symulację robota realizującego ruch do punktu lub śledzenie. Robot realizuje percepcję otoczenia z wykorzystaniem prostego sensora złożonego z fotoelementów.
- iii. Rezultat poprzedniego ćwiczenia jest wykorzystany jako baza dla realizacji sterowania dwoma robotami realizującymi ruch wzdłuż trajektorii odniesienia zachowując wzajemną odległość.

Programowanie sterownika rozmytego w zastosowaniu do stabilizacji masy umieszczonej na pochylni.

Każde ćwiczenie laboratoryjne jest realizowane w dwóch etapach: najpierw wg wskazówek i wytycznych prowadzącego, a następnie jest ono rozwijanie wg pomysłu studentów (każda grupa realizuje inną wersję) po akceptacji przez prowadzącego.

Metody dydaktyczne:

1. wykład: prezentacja ilustrowana przykładami, prezentacje multimedialne
2. ćwiczenia audytoryjne: rozwiązywanie zadań ilustrujących przedstawiane na wykładzie zagadnienia,
3. ćwiczenia laboratoryjne: wykonywanie eksperymentów symulacyjnych, dyskusja, praca w zespole dwuosobowym, rozwijanie przeprowadzonego ćwiczenia wariantowo, wg pomysłu studentów.

**Literatura podstawowa:**

1. Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte, D. Rutkowska, M. Piliński, L. Rutkowski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
2. Sztuczne sieci neuronowe, J. Żurada, M. Barski, W. Jędruch, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996
3. Wprowadzenie do sterowania rozmytego, D. Driankov, H. Hellendoorn, M. Reinfrank, WNT, Warszawa 1996
4. Modelowanie i sterowanie rozmyte, A. Piegat, Akademicka Oficyna Wydawnicza ?Exit?, Warszawa 1999
5. Podstawy modelowania i sterowania rozmytego, R.R. Yager, D. Filev, WNT, Warszawa 1995

**Literatura uzupełniająca:**

1. Neural Networks: A Comprehensive Foundation, S.S. Haykin, Prentice Hall, 1998
2. Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems, M. N?rgaard, O. Ravn, N.K. Poulsen, L.K. Hansen, Springer 1999

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

| Czynność  | Czas (godz.) |
|---|--------------|
| 1. udział w zajęciach laboratoryjnych:  | 30           |
| 2. udział w ćwiczeniach audytoryjnych:  | 15           |
| 3. przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych:  | 15           |
| 4. dokończenie (w ramach pracy własnej) zadań z ćwiczeń laboratoryjnych: 5 x 2 godz.  | 10           |
| 5. udział w konsultacjach (częściowo mogą być realizowane drogą elektroniczną) związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych / projektów | 2<br>5       |
| 6. przygotowanie do kolokwium   | 30           |
| 7. udział w wykładach   | 10           |
| 8. zapoznanie się ze wskazaną literaturą / materiałami dydaktycznymi (10 stron tekstu naukowego = 1 godz.), 100 stron   | 18           |
| 9. przygotowanie do egzaminu i obecność na egzaminie oraz omówienie wyników egzaminu  |              |

**Obciążenie pracą studenta**

| forma aktywności  | godzin | ECTS |
|---|--------|------|
| Łączny nakład pracy                                       | 135    | 5    |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem | 80     | 3    |
| Zajęcia o charakterze praktycznym                         | 55     | 2    |