**Nazwa przedmiotu:**

Systemy adaptacyjne i uczące się

**Koordynator przedmiotu:**

Paweł WAWRZYŃSKI

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Informatyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

SAU

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

30 - wykład,
15 - realizacja zadania projektowego,
15 - samodzielne przygotowywanie się do wykładu i projektu.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Na poziomie kursu akademickiego dla studiów technicznych:
- Analiza matematyczna
- Probabilistyka
- Programowanie

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie uczestnika z mechanizmami adaptacji użytecznymi w systemach, które działają w nieznanym przez ich projektanta lub lub zmieniającym się środowisku. Metody analizy i konstrukcji systemów tego rodzaju wywodzą się z dwóch dziedzin wiedzy: sztucznej inteligencji (uczenie się przez wzmacnianie) oraz teorii sterowania (sterowanie adaptacyjne). Wykład omawia oba te podejścia.

**Treści kształcenia:**

Część I. Podstawy
1. Optymalizacja i aproksymacja stochastyczna; procedura Robbinsa-Monroe jako punkt wyjścia do konstruowania mechanizmów adaptacji.
2. Aproksymator neuronowy i jego uczenie on-line.
3. Elementy teorii stabilności: funkcja Lapunowa, gwarancje stabilności asymptotycznej.
Część II. Uczenie się przez wzmacnianie
4. Podstawy: Proces Decyzyjny Markowa, algorytm Q-Learning.
5. Optymalizacja stochastycznego wyboru. Parametryzowane rodziny rozkładów prawdopodobieństwa. Algorytm REINFORCE.
6. Algorytm Aktor-Krytyk.
7. Wielokrotne przetwarzanie obserwacji, optymalizacja estymatora wskaźnika jakości polityki, repróbkowanie.
Część III. Sterowanie adaptacyjne
8. Adaptacja z modelem referencyjnym (MRAS): podejście oparte na gradiencie, reguła MIT, uzasadnienie oparte na teorii stabilności, postać MRAS dla ogólnego systemu liniowego.
9. Sterowanie z jednoczesnym modelowaniem: samostrojące się regulatory (STR).
10. Sterowanie z iteracyjnym uczeniem się (ILC).
Część IV. Przegląd zastosowań i podejść nie wymienionych na wykładzie.

**Metody oceny:**

Projekt: 50%,
Egzamin: 50%

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

P. Cichosz, Systemy Uczące Się, WNT, 2000.

K.J. Astrom, B. Wittenmark, Adaptive Control, Addison-Wesley, 1994.

J.-J.E. Slotine, W. Li: Applied Nonlinear Control, Prentice Hall, 1991.

R. Sutton, A. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, 1998.

P. Wawrzyński, Sterowanie Adaptacyjne i Uczenie Maszynowe, preskrypt wykładu, 2012.

**Witryna www przedmiotu:**

https://usosweb.usos.pw.edu.pl/kontroler.php?\_action=katalog2/przedmioty/pokazPrzedmiot&prz\_kod=103B-ARxxx-MSP-SAU

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka SAU\_W01:**

Uczestnik zajęć zdobywa wiedzę o następujących zagadnieniach:
- miejsce dla uczenia się i adaptacji w oprogramowaniu i systemach sterujących,
- optymalizacja parametrów zmiennych losowych w oparciu o kolejne losowania,
- optymalizacja parametrycznych polityk decyzyjnych w Procesie Decyzyjnym Markowa,
- teoretyczne uzasadnianie poprawności algorytmów uczenia się przez wzmacnianie,
- formalizm funkcji Lapunowa jako narzędzie dowodzenia poprawności metod sterowania adaptacyjnego,
- struktura sterowników adaptacyjnych z modelem referencyjnym,
- struktura samostrojących się regulatorów,
- wprowadzenie do innych metod adaptacji, w tym aproksymowanego programowania dynamicznego, stochastycznego sterowania adaptacyjnego i sterowania z iteracyjnym uczeniem się.

Weryfikacja:

egzamin, projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka SAU\_U01:**

Uczestnik Zajęć potrafi:
- zaproponować miejsce, w którym można wprowadzić do oprogramowania element uczący się, który będzie poprawiał działanie oprogramowania w jego trakcie,
- zaimplementować algorytmy uczenia się przez wzmacnianie: Q-Learning, Aktor-Krytyk, Aktor-Krytyk z powtarzaniem doświadczenia,
- zaproponować miejsce, w którym można wprowadzić do systemu sterującego element adaptacji, dzięki któremu system ten będzie poprawiał swoje działanie w jego trakcie,
- zaimplementować mechanizm adaptacji z modelem referencyjnym w sterowniku liniowym, nieliniowym, z obserwowalnym stanem i nieobserwowalnymi zmiennymi stanu,
- zaimplementować i wykorzystać Rozszerzony Filtr Kalmana.

Weryfikacja:

Realizacja zadania projektowego

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U13, K\_U01, K\_U03, K\_U04, K\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.3.o, I.P7S\_UK, I.P7S\_UU, I.P7S\_UW