**Nazwa przedmiotu:**

Synteza mechanizmów decyzyjnych

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Andrzej Karbowski

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Informatyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

SMDUZ

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

120 - 30 godzin wykładów, 30 godzin ćwiczeń projektowych, liczonych w mierze tradycyjnej oraz około 60 godzin pracy własnej

**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:**

2

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

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

**Wymagania wstępne:**

Matematyka wyższa na poziomie studiów technicznych I stopnia

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Celem wykładu jest przedstawienie zagadnień oraz algorytmów dotyczących projektowania optymalnych i uproszczonych reguł i mechanizmów decyzyjnych w zastosowaniach do zarządzania lub sterowania systemami: i) zadania syntezy optymalnej, parametryzowane reguły decyzyjne, układy z powtarzana optymalizacją decyzji oraz układy uczące się, ii) nauka formułowania i rozwiązywania zadań optymalnej syntezy przy pomocy rodziny metod programowania dynamicznego, iii) nauka projektowania reguł i mechanizmów decyzyjnych wykorzystujących podejścia uproszczone, w tym optymalizację parametryczną oraz powtarzaną optymalizację decyzji z wykorzystaniem prognoz wielkości i wejść swobodnych (niesterowanych).
Celem projektu jest opanowanie przez studentów podstawowych schematów decyzyjnych oraz metod obliczeniowych, zwłaszcza algorytmu dyskretnego stochastycznego programowania dynamicznego dla zadań z horyzontem skończonym i nieskończonym (wersja z dyskontem).

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu 1. Zadanie syntezy optymalnej reguły (optymalnego prawa sterowania) w warunkach niepewności na skończonym horyzoncie czasu, formułowanie zadania, pierwotne i wtórne wskaźniki jakości, modele niepewności, zadanie syntezy stochastycznej, zadanie syntezy minimaksowej. 2. Metodyka i możliwości rozwiązania zadania syntezy optymalnej w układzie zamkniętym, dla skończonej liczby etapów decyzyjnych (skończony horyzont działania), z pełnym i niezakłóconym pomiarem stanu; metoda programowania dynamicznego; przykłady zadań optymalnej syntezy i ich rozwiązań, w tym zadanie liniowo-kwadratowe. 3. Zadania syntezy optymalnych reguł decyzyjnych dla nieskończonej liczby etapów (nieskończony horyzont działania): wskaźnik jakości z uwzględnieniem dyskonta (zadanie z dyskontem), wskaźnik w postaci wartości średniej kosztu i inne. 4. Rozwiązanie zadania z dyskontem, warunki istnienia rozwiązania, równanie Bellmana, metody wyznaczania stacjonarnej reguły decyzyjnej w przypadku skończonej liczby wartości stanu. 5. Optymalna synteza reguł decyzyjnych w przypadku niepełnego i zakłóconego pomiaru stanu; algorytm programowania dynamicznego, statystyki wystarczające, zagadnienie filtracji i estymacji stanu. Efekt dualny i efekt ostrożności, własność separowalności. Zadanie liniowo-kwadratowo-gaussowskie (LQG). 6. Praktyczne sposoby podejmowania decyzji operacyjnych w warunkach niepewności: parametryzowane reguły decyzyjne o danej postaci, sterowanie i zarządzanie z powtarzaną optymalizacją decyzji, układy warstwowe. 7. Sposoby konstrukcji parametryzowanych reguł decyzyjnych: wykorzystanie reguł liniowych, sztucznych sieci neuronalnych oraz zbiorów rozmytych. Układy uczące się. 8. Bieżące podejmowanie decyzji (sterowanie) w oparciu o powtarzaną optymalizację w układzie otwartym oraz w oparciu o powtarzaną syntezę wykorzystującą uproszczony model niepewności, w tym model w postaci prognoz wielowariantowych. 9. Przykłady współczesnych zastosowań reguł decyzyjnych do zarządzania (sterowania operacyjnego). Warstwowe układy decyzyjne, układ sterowania procesem technologicznym i zagadnienie wyboru wielkości regulowanych.
Wykładowi towarzyszy projekt. Składa się on z 2 części (zadania na horyzoncie skończonym i nieskończonym) , w ramach których studenci rozwiązują praktyczne zadania optymalnej syntezy z dziedziny ekonomii, sterowania systemami wodno-gospodarczymi, zarządzania sieciami teleinformatycznymi. Ważną składnikiem każdej z części jest samodzielna implementacja algorytmu optymalizacyjnego oraz weryfikacja poprawności na drodze wielokrotnej symulacji sterowania w układzie zamkniętym dla różnych przebiegów zakłóceń. Projekt jest realizowany w środowisku Freemat (jest to darmowy klon Matlaba).

**Metody oceny:**

Oceny punktowe z dwóch zadań projektowych. Ocena indywidualnego zadania od 0 do 25 punktów. Łączna liczba punktów 50, do zaliczenia wymagane 26 lub więcej punktów. Egzamin obejmujący rozwiązanie zadań rachunkowych oraz odpowiedzi na pytania. Ocena od 0 do 50 punktów. Egzamin uważany jest za zdany po uzyskaniu 26 lub więcej punktów. W razie potrzeby przeprowadzany jest uzupełniający egzamin ustny. Zaliczenie przedmiotu wymaga zaliczenia projektu i zdania egzaminu. Oceny końcowe wystawiane są zgodnie z ogólnie przyjętą skalą, w szczególności ocena 3 (dst) po uzyskaniu 52 do 60 punktów.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Krzysztof Malinowski i Andrzej Karbowski, Synteza Mechanizmów Decyzyjnych, E-book, Kopipol/OKNO PW, 2007.
2. Dimitri P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vols. I and II, Athena Scientific, 1995, (3rd Edition Vol. I, 2005, 4rd Edition Vol. II, 2012), wybrane fragmenty (lektura nieobowiązkowa)

**Witryna www przedmiotu:**

https://red.okno.pw.edu.pl/witryna/wybor\_przedmiotu.php?sub\_ed=1027

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka SMD\_W1:**

Poznanie metod projektowania optymalnych i uproszczonych reguł i mechanizmów decyzyjnych w zastosowaniach do zarządzania lub sterowania systemami: zadania syntezy optymalnej, parametryzowane reguły decyzyjne, układy z powtarzana optymalizacją decyzji oraz układy uczące się,

Weryfikacja:

EGZAMIN Sprawdzenie przyswojenia części teoretycznej. Ma charakter pisemny z ewentualnym uzupełnieniem ustnym w razie potrzeby.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W03, K2\_W06, K2\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o, P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG, I.P7S\_WK

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka SMD\_U1:**

Umiejętność formułowania i rozwiązywania zadań optymalnej syntezy przy pomocy rodziny metod programowania dynamicznego, Umiejętność projektowania reguł i mechanizmów decyzyjnych wykorzystujących podejścia uproszczone, w tym optymalizację parametryczną oraz powtarzaną optymalizację decyzji z wykorzystaniem prognoz wielkości i wejść swobodnych (niesterowanych).

Weryfikacja:

EGZAMIN i PROJEKT (napisanie dwóch programów w języku Matlab wyznaczających optymalne polityki decyzyjne w zadaniu optymalizacji z horyzontem skończonym /wskaźnik Bolzy/ oraz nieskończonym /wskaźnikiem jest suma kosztów/zysków etepowych z dyskontem/ oraz weryfikujących je na drodze symulacyjnej).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U02, K1\_U03, K2\_U03, K2\_U06, K2\_U07, K2\_U15, K1\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, I.P7S\_UK, III.P7S\_UW.o, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, I.P7S\_UO, III.P7S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka SMD\_K1:**

Uświadomienie, że przy podejmowaniu decyzji obowiązujących przez wiele etapów w warunkach ryzyka kluczowe znaczenie ma sprzężenie zwrotne. Pewne reguły decyzyjne lub programy sterowania wyznaczone dla założonych prognoz mają wartość i poprawiają funkcjonowanie systemu wtedy, gdy przyjęto wystarczająco dobry model dynamiki oraz niepewności, w przeciwnym wypadku procedura powinna być ponowiona.

Weryfikacja:

Pozycja absolwenta studiów w życiu zawodowym i społecznym, uznanie jego autorytetu i kompetencji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K01, K2\_K02, K2\_K04, K2\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO, P7U\_K, I.P7S\_KK, I.P7S\_KR

### Profil praktyczny - wiedza

**Charakterystyka T2P\_W01, T2P\_W02, T2P\_W03, T2P\_W04, T2P\_W07:**

Znajomość mechanizmów zapewniających osiągnięcie najlepszych z możliwych efektów działania konkretnego układu dynamicznego działającego w warunkach niepewnośc i ryzyka na bazie danego modelu formalnego.

Weryfikacja:

Poprzez zastosowanie abstrakcyjnych algorytmów w konkretnych zadaniach praktycznych rozwiązywanych numerycznie.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - umiejętności

**Charakterystyka T2P\_U03, T2P\_U07, T2P\_U08, T2P\_U09, T2P\_U11, T2A\_U15, T2P\_U16, T2P\_U17, T2P\_U18, T2P\_U19:**

Umiejętność klasyfikacji zadania z konkretnej dziedziny, zwłaszcza pod względem zastosowanego modelu niepewności (stochastyczna, typu przynależności do zbioru, prognoza, ew. wielowariantowa), rodzaju horyzontu (skończony, nieskończony), typu wskaźników jakości, a następnie opracowania pełnego modelu formalnego, doboru właściwej metody obliczeniowej i rozwiązania na maszynie cyfrowej.

Weryfikacja:

Zmierzone w serii realizacji (symulacji) wskaźniki jakości, dokładniej ich wartość średnia (w przypadku stochastycznego modelu zakłóceń) lub maksymalna (w przypadku modelu typu przynależności do zbioru) w stosunku do wartości odnośnego wskaźnika otrzymanej podczas obliczeń, tzn. syntezy mechanizmu decyzyjnego.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - kompetencje społeczne

**Charakterystyka T2P\_K02, T2P\_K04, T2P\_K05, T2P\_K06, T2P\_K07:**

Pamiętanie przy opracowywaniu pewnych regulacji w życiu społecznym o konieczności weryfikacji po jakimś czasie zgodności ich efektów z oczekiwanymi. Jeśli jej nie ma, należy je wyznaczyć ponownie. Jednocześnie w przypadkach zadań, w których trudno jest stworzyć ścisły model formalny, należy zastosować podejścia "miękkie", tzw. inteligentne - np. rozmyte, neuronowe, zakładające automatyczne uczenie się systemu.

Weryfikacja:

W czasie, gdy uczestnicy zajęć osiągną w życiu zawodowym lub społecznym pozycję związaną z opracowywaniem regulacji dla podlegających im podwładnych, społeczności lokalnych, poprzez ocenę czy wprowadzone zmiany przyniosły oczekiwane, pozytywne efekty.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**