**Nazwa przedmiotu:**

Synteza reguł decyzyjnych

**Koordynator przedmiotu:**

Krzysztof MALINOWSKI, Andrzej KARBOWSKI

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Informatyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

SRD

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

Wykład prowadzony jest w wymiarze 2 godz. w tygodniu. Łącznie udział w wykładzie (30 godz.) i przygotowanie się do egzaminu (45 godz.) wymagają od studenta 75 godzin pracy w semestrze.
Ćwiczenia laboratoryjne w liczbie czterech wymagają łącznie 60 godzin pracy studenta, w tym 16 godz. udziału w zajęciach zorganizowanych oraz po 8 godzin przeznaczonych na przygotowanie się do każdego z ćwiczeń (2 godz.) oraz opracowanie wyników, wykonanie sprawozdania i zaliczenie (6 godz.). Czyni to łącznie 56 godzin pracy w semestrze.

Łączny nakład pracy studenta: 131 godzin, odpowiadający 5 punktom ECTS.

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

Wykład prowadzony jest w wymiarze 2 godz. w tygodniu, stąd 30 godzin w semestrze.
Zajęcia w laboratorium obejmują 16 godzin pracy z udziałem nauczyciela oraz 4 godziny przeznaczone na zaliczenie ćwiczeń po złożeniu sprawozdań. Czyni to łącznie 50 godzin pracy na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczyciela akademickiego. Stąd można przypisać 2 punkty ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

Ćwiczenia laboratoryjne w liczbie czterech wymagają łącznie 60 godzin pracy studenta, w tym 16 godz. udziału w zajęciach zorganizowanych oraz po 8 godzin przeznaczonych na przygotowanie się do każdego z ćwiczeń (2 godz.) oraz opracowanie wyników, wykonanie sprawozdania i zaliczenie (6 godz.). Czyni to łącznie 56 godzin pracy w semestrze.
Stąd można przypisać 2 punkty ECTS

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

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

**Wymagania wstępne:**

Podstawy Optymalizacji oraz ogólnowydziałowe przedmioty z zakresu matematyki

**Limit liczby studentów:**

48

**Cel przedmiotu:**

- przedstawienie zagadnień dotyczących 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,
- nauka formułowania i rozwiązywania zadań optymalnej syntezy przy pomocy rodziny metod programowania dynamicznego,
- 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).

Ang.

- presentation of problems in design of optimal and suboptimal decision policies and rules with applications to management of control systems: optimal control design problems, parametric decision rules, structures with repetitive optimization of decisions, learning systems,
- learning formulating and solving optimal decision/control problems using methods of dynamic programming family,
- learning design of rules and decision policies based on suboptimal approaches, including parametric optimization and repetitive optimization of decisions with the use of forecasts of uncontrolled inputs.

**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.

Zakres laboratorium
 Laboratorium składa się z 6 ćwiczeń, realizowanych w zespołach 2-osobowych, podczas których studenci rozwiązują praktyczne zadania optymalnej syntezy z dziedziny ekonomii, sterowania systemami wodno-gospodarczymi, zarządzania sieciami teleinformatycznymi. Ważną częścią każdego ćwiczenia jest samodzielna implementacja algorytmu optymalizacyjnego oraz weryfikacja poprawności, na drodze wielokrotnej symulacji sterowania, w układzie zamkniętym, dla różnych przebiegów zakłóceń.

Program laboratorium został pomyślany tak, by jego uczestnicy opanowali wszystkie podstawowe schematy decyzyjne oraz metody obliczeniowe, w tym: klasyczny algorytm stochastycznego programowania dynamicznego w zadaniach z horyzontem skończonym, algorytmy kolejnych przybliżeń oraz iteracji polityki w zadaniach nieliniowych z horyzontem nieskończonym, metodologię LQG w wersji standardowej oraz rozszerzonej (uwzględnienie nieliniowości modelu oraz wskaźnika jakości), zastosowanie metod gradientowych optymalizacji trajektorii sterowań (wraz z rozwiązaniem równania sprzężonego) w podstawowych wersjach sterowania predykcyjnego z kilkoma scenariuszami zakłóceń. Podczas zajęć w laboratorium wykorzystywane jest środowisko Matlab oraz jego dwie biblioteki: Optimization oraz Control Toolbox.

**Metody oceny:**

Oceny punktowe z ćwiczeń laboratoryjnych obejmujące przygotowanie i wykonanie ćwiczenia. Ocena indywidualnego ćwiczenia od 0 do 12 + 2 za zaliczenie wszystkich 4 ćwiczeń. 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 laboratorium i zdania egzaminu. Oceny kończowe wystawiane są zgodnie z ogólnie przyjętą skalą, w szczegolności 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, 3rd Edition Vol. II, 2007), wybrane fragmenty (lektura nieobowiązkowa)
3. Instrukcje do 4 ćwiczeń laboratoryjnych

**Witryna www przedmiotu:**

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

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka SRD\_W01:**

ma wiedzę w zakresie metod służących do rozwiązywania zadań syntezy w różnych sytuacjach: skończonej lub nieskończonej liczby etapów, pełnej lub niepełnej informacji o aktualnym stanie procesu, probabilistycznego lub nieprobabilistycznego opisu wielkości swobodnych,

Weryfikacja:

egzamin, testy wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka SRD\_W02:**

ma wiedzę w zakresie budowy i strojenia parametryzowanych reguł decyzyjnych oraz struktur i układów z powtarzaną optymalizacją decyzji.

Weryfikacja:

egzamin, testy wstępne do ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

**Charakterystyka SRD\_W03:**

Student, który zaliczył przedmiot, ma wiedzę z zakresu podstawowych zagadnień dotyczących formułowania zadań syntezy optymalnej i syntezy uproszczonej mechanizmów i reguł decyzyjnych dla wieloetapowych procesów wymagających podejmowania decyzji w oparciu o dopływającą informację,

Weryfikacja:

egzamin, wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka SRD\_U01:**

projektować i badać układy z powtarzaną optymalizacją decyzji

Weryfikacja:

egzamin, wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U25

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka SRD\_U02:**

formułować i rozwiązywać proste zadania syntezy optymalnej dla wieloetapowego procesu zarządzania bądź sterowania;

Weryfikacja:

egzamin, wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U25

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka SRD\_U03:**

projektować, programować i stroić parametryzowane reguły decyzyjne

Weryfikacja:

egzamin, wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U25

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka SRD\_U04:**

Student, który zaliczył przedmiot potrafi formułować modele do rozwiązania zadań

Weryfikacja:

ocena ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U09, K\_U25

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UU, I.P6S\_UW, III.P6S\_UW.2.o

**Charakterystyka SRD\_U05:**

Student, który zaliczył przedmiot potrafi pracować w zespole

Weryfikacja:

ocena ćwiczeń laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_UK03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UO