**Nazwa przedmiotu:**

Sieci i sterowanie systemami

**Koordynator przedmiotu:**

Krzysztof Malinowski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Automatyka i Robotyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

SST

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

Udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.
Wykonywanie projektu: 15 x 1 godz. = 15 godz.
Praca własna: 45 godz.
Udział w konsultacjach: 5 godz.
Łączny nakład pracy studenta: 95 godz., co odpowiada 4 ECTS

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

2

**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:  | 15h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

konieczna znajomość podstaw optymalizacji

zalecana znajomość podstaw automatyki i podstaw badań operacyjnych.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Przedmiot ma pokazać słuchaczom w jaki sposób, wobec potrzeby optymalizacji czy jedynie racjonalizacji, poprawy, działania, radzić sobie ze złożonością strukturalną i wymiarem w przypadku różnych systemów, w szczególności systemów sieciowych charakteryzujących się dużą liczbą powtarzalnych elementów i przepływów. Rozpatrywane są sieci przesyłu danych, sieci zaopatrzenia, a także inne systemy i zagadnienia optymalizacji o złożonym charakterze. Wykład dzieli się na trzy bloki tematyczne: A) systemy złożone, zagadnienie dekompozycji, koordynacja, dwupoziomowe metody optymalizacji: Metoda Bezpośrednia i Metoda Cen, hierarchiczne struktury sterowania, B) przykłady studialne pokazujące zastosowanie metod i struktur hierarchicznych, w tym struktur z koordynacją iteracyjną i koordynacją periodyczną, ukazujące także potrzebę stosowania innych podejść, takich jak agregacja w różnych ujęciach, uciąglanie zmiennych dyskretnych i inne; rozważane są zagadnienia sieciowe i złożone zadanie marketingu, C) zagadnienia teorii gier i projektowania mechanizmów decyzyjnych w sytuacji współistnienia podmiotów posiadających własne cele działania lecz korzystających z wspólnych zasobów.

**Treści kształcenia:**

Blok A: systemy złożone, zagadnienie dekompozycji, koordynacja, dwupoziomowe metody optymalizacji i hierarchiczne struktury sterowania (5 wykładów):

1. Wprowadzenie; zadania i systemy złożone, atrybuty złożoności: rozległość przestrzenna, wyodrębnione elementy wzajemnie na siebie oddziałujące, mniej lub bardziej autonomiczni decydenci lokalni, wiele zmiennych decyzyjnych/opisujących, lokalne i nadrzędne cele działania); koordynacja jako mechanizm zapewniania harmonii w systemie: koordynacja iteracyjna i periodyczna; agregacja jako mechanizm upraszczania złożonych zadań; rola przykładu – różnorodne sposoby radzenia sobie ze złożonością: systemy sieciowe (w tym Internet: zagadnienie sterowania intensywnością transmisji oraz routing), systemy wodne (sterowania fala powodziową, zaopatrzenie w wodę: optymalizacja pracy stacji uzdatniania wody i pomp). Systemy z wieloma niezależnymi decydentami świadomymi swego wpływu na zachowanie całości.
2. Zadanie optymalizacji złożonego systemu, wspólne ograniczenia zasobowe. Metody dwupoziomowe, koordynacja iteracyjna: dekompozycja zadania decyzyjnego, zadanie optymalizacji złożonego systemu, zmienne lokalne i oddziaływania interakcyjne, lokalne i globalne ograniczenia zasobów; bezpośrednie i pośrednie instrumenty koordynacji. Metoda Bezpośrednia, sformułowanie zadań lokalnych i zadania koordynatora, własności metody i warunki jej stosowalności, zalety i wady, w tym trudności z określanie zbioru dopuszczalnych decyzji (zbiór V0) na poziomie koordynatora. Metoda Cen, zadania lokalne i koordynatora, własności i warunki stosowalności: istnienie rozwiązań, funkcja dualna i luka dualności, algorytmy koordynacji, zalety i wady.
3. Przykład wykorzystania Metody Bezpośredniej i Metody Cen do rozwiązania zadania planowania budżetu kampanii reklamowej wielu produktów. Zadanie optymalizacji złożonego systemu z powiązaniami interakcyjnymi; sformułowanie, zastosowanie Metody Bezpośredniej i Metody Cen; wymagane własności systemu. Zadanie sterowania złożonym systemem w stanie ustalonym z wykorzystaniem modelu przybliżonego, Metoda Zrównoważenia Interakcji Systemowych; przykład wykorzystania: sterowanie poziomem (szybkością) transmisji źródeł w sieci danych.
4. Optymalizacja hierarchiczna metodą Bendersa oraz Bendersa-Kelleya. Rozwiązanie dużych zadań optymalizacji z dwoma grupami zmiennych, nawiązanie do Metody Bezpośredniej. Przykłady formułowania zadań, sposób rozwiązania trudności związanych ze zbiorem V0, zadanie Master i zadania Slave.
5. Algorytm rozwiązania: Metoda GBD – wersja I i wersja II. Materiał uzupełniający zawierający modyfikacje metody Kelleya oraz dekompozycja zadania optymalizacji w oparciu o metodę prymalno-dualną punktu wewnętrznego.

Blok B: przykłady studialne pokazujące zastosowanie metod i struktur hierarchicznych, ukazujące także potrzebę stosowania innych podejść ( 4 wykłady, kolokwium):

6. Sterowanie ruchem w sieci Internet: protokół TCP, model matematyczny TCP Reno, uogólnienie modelu TCP: zadanie optymalizacji systemu a mechanizm okna. Protokół FAST TCP jako przykład mechanizmu związanego z Metodą Cen. Zadanie zarządzania siecią: zadanie łącznego doboru szybkości transmisji źródeł oraz doboru ścieżki (routing); wykorzystanie Metody Cen i heurystyczny algorytm routingu.
7. Agregacja i segmentacja danych w zastosowaniu do systemu wspomagającego wycenę usług telekomunikacyjnych. Modelowanie zachowań klientów i struktury ofert; typowe zachowania użytkowników sieci: modele matematyczne i ich Identyfikacja: iteracyjne dostrajanie, rozwiązanie problemu początkowego braku danych. Omówienie możliwych właściwości zadania optymalizacji taryf i sposoby doboru odpowiednich metod; rozwiązanie nawiązujące do metody stosowanej w planowaniu budżetu kampanii reklamowej.
8. Uzupełnienie treści wykładu nr 7 (w czasie do 30 min). Kolokwium sprawdzające znajomość materiału wyłożonego w bloku A (1 godz.).
9. Przykład sterowania siecią zaopatrzenia w wodę (1): periodyczna optymalizacja pracy pomp w dużym systemie wodociągowym; zadanie minimalizacji kosztów energii elektrycznej w przypadku złożonej taryfy: model hydrauliczny sieci, ograniczenia, duża liczba zmiennych decyzyjnych i wiele zmiennych opisujących, zadanie mieszane (zmienne o wartościach ciągłych i dyskretnych). Sposoby radzenia sobie ze złożonością tego zadania sterowania (optymalizacji): agregacja w różnych ujęciach (w tym agregacja urządzeń), uciąglanie zmiennych, dezagregacja.
10. Przykład sterowania siecią zaopatrzenia w wodę (2):sposób rozwiązania: sformułowanie zadania uproszczonego potrzebnego do wyznaczenia przybliżonych profili wypełnienia zbiorników w dłuższym okresie, zadanie z modelem hydraulicznym sieci z krótszym horyzontem i agregacją pomp, zadanie dezagregacji: harmonogramy pompowania; weryfikacja harmonogramów poprzez symulację pracy systemu.

Blok C: zagadnienia teorii gier i projektowania mechanizmów decyzyjnych (5 wykładów)

11. System złożony z podsystemów autonomicznych mających własne cele działania i decydentów świadomych swojego wpływu na decyzje innych podmiotów. Wprowadzenie: sytuacja gry decyzyjnej, modele gry i punkty równowagi. Projektowanie instrumentów koordynacji.
12. Wstęp do teorii gier. Rozwiązania efektywne w sensie Pareto. Przykład optymalizacji parametrów ruchu w sieci przy współdziałaniu wielu podmiotów.
13. Gry decyzyjne, modele gry i punkty równowagi ; równowaga Nasha. Zagadnienie projektowania gry. Strategie dominujące.
14. Wstęp do projektowania mechanizmów decyzyjnych, koncepcja mechanizmu decyzyjnego; przykłady: ordynacje wyborcze Condorceta i Bordy’ego, ordynacje większościowe, określenia zasad finansowania projektu publicznego. Aukcje: pojedynczego obiektu i wielokrotne. Definicja mechanizmu decyzyjnego; wdrożenie w wersji strategii dominujących: mechanizm Vickreya-Clarka- Grovesa (VCG).
15. Projektowanie gry: implementacja mechanizmu w równowadze Nasha, projektowanie reguł mechanizmu. Wyznaczanie punktów równowagi Nasha, metoda cen uwikłanych.

**Metody oceny:**

Ocena wykonania zadań projektowych: do 40 punktów, ocena kolokwium (pisane podczas wykładu ósmego) – do 10 punktów, wynik egzaminu – do 50 punktów.
Ocena końcowa pozytywna pod warunkiem: zaliczenia projektu (ocena niemniejsza niż 21 pkt.), uzyskania z egzaminu nie mniej niż 26 pkt., oraz uzyskania łącznie co najmniej 51 pkt.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Komplet przezroczy (slajdów) do wykładów, fragmenty książek z zakresu układów złożonych i teorii gier, materiały potrzebne do wykonania projektu.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka SST\_W01:**

Wiedza z zakresu optymalizacji lub racjonalizacji działania złożonych struktur, w szczególności systemów sieciowych charakteryzujących się dużą liczbą powtarzalnych elementów i przepływów (np. sieci przesyłu danych, sieci zaopatrzenia). Wiedza z zakresu metod dekompozycji, koordynacja, dwupoziomowych metod optymalizacji, hierarchicznych struktur sterowania. Wiedza z zakresu teorii gier i projektowania mechanizmów decyzyjnych w sytuacji współistnienia podmiotów posiadających własne cele działania lecz korzystających z wspólnych zasobów.

Weryfikacja:

Projekt, egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W04, K\_W05, K\_W06

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka SST\_U01:**

Umiejętność opisania w odpowiedni sposób złożonych zagadnień decyzyjnych i rozwiązywania zadań optymalizacji dużej skali oraz projektowania mechanizmów decyzyjnych.

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U01, K\_U07, K\_U08, K\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka SST\_K01:**

Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K01

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