**Nazwa przedmiotu:**

Metody matematyczne w transporcie

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Jacek Skorupski, prof. nzw., Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Zakład Inżynierii Transportu Lotniczego

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Transport

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

TR.SMK103

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

120 godz., w tym: praca na wykładach 30 godz., praca na ćwiczeniach 15 godz., studiowanie literatury przedmiotu 30 godz., przygotowanie się do egzaminu 38 godz., udział w egzaminach 2 godz., konsultacje 5 godz.

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

2,0 pkt ECTS (52 godz., w tym: praca na wykładach 30 godz., praca na ćwiczeniach 15 godz., konsultacje 5 godz., udział w egzaminach 2 godz.)

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1 pkt. ECTS (30 godz, w tym: praca na ćwiczeniach 15 godz., konsultacje 5 godz., wykonywanie zadań domowych 10 godz.)

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

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

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

wykład: brak, ćwiczenia: 30 osób

**Cel przedmiotu:**

Wprowadzenie w problematykę i opanowanie podstawowych wiadomości z zakresu wykorzystania wybranych metod matematycznych (metod badań operacyjnych) w transporcie.

**Treści kształcenia:**

Treść zajęć:
1. Ogólne wprowadzenie w tematykę przedmiotu (wykład 2 godz.):
a. przedstawienie typowych, realnych problemów decyzyjnych w transporcie,
b. wykazanie konieczności posługiwania się metodami matematycznymi,
c. wykazanie konieczności systemowego i kompleksowego analizowania problemu – analiza systemowa,
d. pojęcie modelu, rodzaje modeli,
e. proces modelowania,
f. pojęcie optymalizacji, konieczność optymalizacji,
g. zadanie optymalizacyjne – istota, sposób formułowania,
h. elementy zadania optymalizacyjnego – funkcja celu, zmienne decyzyjne, ograniczenia,
i. ogólny przegląd zadań i metod optymalizacyjnych – programowanie matematyczne (w tym liniowe - PL), grafy i sieci (GS), zagadnienie Transportowe (ZT), programowanie dynamiczne (PD),
2. Teoria zapasów (TZ) (wykład 4 godz., ćwiczenia 4 godz.)
a. definicje ogólne, zastosowanie TZ – rozwiązywane problemy,
b. deterministyczne modele ekonomicznej wielkości partii (jedno i wielowymiarowe) – wykresy zużycia, modele bez niedoborów, z niedoborami, z upustami cenowymi, z ograniczoną przestrzenią magazynową,
c. deterministyczne modele dynamiczne (ogólne, z funkcją kosztów wklęsłą i wypukłą) – wykorzystanie metod programowania dynamicznego oraz algorytmów specjalnych
d. probabilistyczne modele zapasów (jedno i wieloetapowe, z początkowymi zapasami, z kosztem stałym) – założenia, analiza wartości oczekiwanej zysku, rozwiązania analityczne i graficzne.
e. formułowanie problemu decyzyjnego jako zadania TZ i wybór właściwego modelu (z uwzględnieniem założeń i ograniczeń modeli oraz warunków rzeczywistego problemu decyzyjnego).
3. Zastosowanie teorii gier (TG) w zagadnieniach transportowych (wykład 4 godz., ćwiczenia 2 godz.):
a. podstawowe definicje i pojęcia – gra, gracz, strategia (czysta i mieszana), zbiór informacyjny, wartość gry, rozwiązanie gry, warunki stosowalności TG, klasyfikacja gier,
b. teoria gier niekooperacyjnych – formy zapisu (gry macierzowe, drzewa gry), przykłady gier (klasyczne i transportowe),
c. formułowanie problemu decyzyjnego jako zadania TG i zapis w jednej z postaci, przekształcanie z postaci ekstensywnej do normalnej,
d. metody rozwiązywania gier macierzowych – wyznaczanie punktu siodłowego (interpretacja istoty punktu siodłowego, dyskusja istnienia punktu siodłowego i układu strategii mieszanych w równowadze, zasada minimaksu), metoda eliminacji dominant (wyszukiwanie strategii zdominowanych, sens praktyczny tego procesu), rozwiązanie gry o wymiarach 2x2, graficzne rozwiązanie gry o wymiarach 2xn (wskazanie strategii minimaksowych i maksyminowych), metody postępowania dla gier o większych wymiarach (programowanie matematyczne, symulacja),
e. gry wieloosobowe - gry kooperacyjne (warunki występowania kooperacji, przykłady gier kooperacyjnych – klasyczne i transportowe, modyfikacja strategii równowagi), koalicje dopuszczalne, funkcja charakterystyczna,
f. problem targu i metody jego rozwiązania – równość wypłat, równość użyteczności, maksymalizacja użyteczności, schemat arbitrażowy Nasha, wartość Shapleya.
4. Teoria decyzji (TD) (wykład 2 godz.):
a. gry z naturą – przykłady transportowe, problemy decyzyjne (warunki całkowitej i częściowej niepewności)
b. formułowanie problemu decyzyjnego jako zadania TD, określenie typu i możliwych sposobów zwiększenia zakresu informacji,
c. podejmowanie decyzji w warunkach niepewności – kryteria rozwiązania (Walda, Hurwicza, Savage’a Laplace’a-Bayesa),
d. analiza możliwości zmniejszenia zakresu niepewności.
5. Teoria masowej obsługi (TMO) (wykład 2 godz, ćwiczenia 2 godz.)
a. podstawowe definicje – system masowej obsługi,
b. typy i klasyfikacja systemów masowej obsługi, ich charakterystyki, regulaminy
c. losowe procesy zgłoszeń i obsług
d. równania dynamiki w systemach masowej obsługi – dla węzłów, dla przekrojów
e. wyznaczanie charakterystyk systemów – warunki równowagi, twierdzenie Little’a, współczynnik wykorzystania systemu.
6. Analiza wielokryterialna (AW) (wykład 2 godz., ćwiczenia 2 godz.):
a. ogólna definicja analizy wielokryterialnej, przykłady transportowe,
b. formułowanie problemu decyzyjnego jako zadania AW, hierarchizacja kryteriów, zbiór rozwiązań nie zdominowanych, wagi kryteriów,
c. metody rozwiązania - normalizacja, metoda leksykograficzna, metoda dystansowa, dwureferencyjna procedura interaktywna, superkryterium (ważona funkcja użyteczności), ranking Capelanda,
d. optymalizacja wielokryterialna – podstawowe pojęcie, sposoby definiowania problemów.
7. Programowanie matematyczne (PM) (wykład 2 godz.):
a. przykłady problemów decyzyjnych formułowanych jako zadania PM inne niż PL, konieczność wprowadzania dodatkowych ograniczeń i nieliniowej postaci zależności,
b. pojęcie ekstremum lokalnego i globalnego,
c. programowanie całkowitoliczbowe (PCL) – definiowanie problemu, metody rozwiązywania,
d. programowanie binarne (PB) - definiowanie problemu,
e. problemy NP- trudne,
f. formułowanie problemu decyzyjnego jako zadania PM nieliniowego.
8. Zbiory rozmyte (ZR) (wykład 2 godz.):
a. opis problemów formułowanych w sposób niejednoznaczny i nieprecyzyjny, rodzaje niepewności,
b. podstawowe pojęcia – zbiór rozmyty, funkcja przynależności, rodzaje zbiorów rozmytych, operacje na zbiorach rozmytych,
c. relacje rozmyte i ich właściwości, reguły rozmyte,
d. formułowanie problemów decyzyjnych w transporcie jako zadania ZR,
9. Sztuczne sieci neuronowe, algorytmy mrówkowe i inne inspirowane przyrodą (wykład 2 godz.)
a. definicje ogólne, model sztucznego neuronu, topologia, reguły uczenia sieci, funkcje aktywacji, analogie biologiczne,
b. obszary zastosowań sztucznych sieci neuronowych w problemach decyzyjnych w transporcie – identyfikacja modeli,
c. charakterystyka procesu uczenia, wybrane typy sieci.
10. Sieci Petriego (PN) (wykład 4 godz., ćwiczenia 2 godz.)
a. podstawowe definicje, elementy sieci Petriego – miejsca, tranzycje, łuki, znaczniki, ogólne zasady budowy sieci Petriego,
b. dynamika sieci, rozmieszczenie znaczników, stany sieci,
c. modelowanie procesów ruchowych z wykorzystaniem sieci Petriego - przykłady dla różnych gałęzi transportu,
d. właściwości sieci – żywotność, odwracalność, zatrzaski, pułapki,
e. typy sieci Petriego – uogólnione, stochastyczne, czasowe, kolorowane,
f. formułowanie problemów jako modeli PN, określanie zbioru i grafu osiągalności,
g. analityczne wyznaczanie charakterystyk systemu, interpretacja wyników,
h. symulacyjna analiza procesów ruchowych modelowanych z wykorzystaniem sieci Petriego.

**Metody oceny:**

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach
Ocena podsumowująca: egzamin pisemny - 10 pytań otwartych sprawdzających umiejętność doboru metody matematycznej adekwatnej do rozwiązywanego zadania praktycznego

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Kałuski J., Teoria gier, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2002. Burzyński J., Teoria obsługi masowej, AGH Kraków (skrypt). Tyszka T., Analiza decyzyjna i psychologia decyzji, PWN 1996

**Witryna www przedmiotu:**

http://skorupski.waw.pl/mmt

**Uwagi:**

O ile nie powoduje to zmian w zakresie powiązań danego modułu zajęć z kierunkowymi efektami kształcenia w treściach kształcenia mogą być wprowadzane na bieżąco zmiany związane z uwzględnieniem najnowszych osiągnięć naukowych.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W01:**

Zna podstawowe pojęcia z zakresu modelowania, optymalizacji, analizy systemowej – w odniesieniu do szeroko rozumianych zagadnień transportowych

Weryfikacja:

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach Ocena podsumowująca: egzamin pisemny testowy jednokrotnego wyboru

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_W01, Tr2A\_W05, Tr2A\_W08

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

**Charakterystyka W02:**

Zna podstawowe modele teorii zapasów, zna podstawowe pojęcia z zakresu zbiorów rozmytych, sztucznych sieci neuronowych i innych metod matematycznych inspirowanych naturą, zna definicje, elementy i zasady modelowania z wykorzystaniem sieci Petriego

Weryfikacja:

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach Ocena podsumowująca: egzamin pisemny testowy jednokrotnego wyboru

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_W08, Tr2A\_W01, Tr2A\_W05

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

**Charakterystyka W03:**

Zna podstawowe pojęcia z zakresu teorii gier i teorii zna sposoby analizy i wyznaczania charakterystyk systemów masowej obsługi

Weryfikacja:

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach Ocena podsumowująca: egzamin pisemny testowy jednokrotnego wyboru

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_W01, Tr2A\_W05, Tr2A\_W08

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U01:**

Potrafi na podstawie werbalnego opisu sytuacji decyzyjnej zdefiniować formalnie zadanie decyzyjne

Weryfikacja:

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach Ocena podsumowująca: egzamin pisemny testowy jednokrotnego wyboru

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_U07, Tr2A\_U10, Tr2A\_U11, Tr2A\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** II.T.P7S\_UW.2, III.P7S\_UW.2.o, II.T.P7S\_UW.1, II.T.P7S\_UW.4, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka U02:**

Potrafi na podstawie formalnego sformułowania zadania decyzyjnego w transporcie określić jakie metody matematyczne są właściwe do poszukiwania rozwiązań optymalnych

Weryfikacja:

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach Ocena podsumowująca: egzamin pisemny testowy jednokrotnego wyboru

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_U07, Tr2A\_U10, Tr2A\_U11, Tr2A\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** II.T.P7S\_UW.2, III.P7S\_UW.2.o, II.T.P7S\_UW.1, II.T.P7S\_UW.4, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka U03:**

Potrafi poszukiwać modyfikacji poznanych algorytmów oraz sposobów doprecyzowania problemu decyzyjnego oraz dodatkowych informacji zmniejszających niepewność decydenta

Weryfikacja:

Ocena formująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach Ocena podsumowująca: egzamin pisemny testowy jednokrotnego wyboru

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_U07, Tr2A\_U10, Tr2A\_U11, Tr2A\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** II.T.P7S\_UW.2, III.P7S\_UW.2.o, II.T.P7S\_UW.1, II.T.P7S\_UW.4, III.P7S\_UW.4.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K01:**

Rozumie potrzebę patrzenia na rzeczywiste zadania stające przed inżynierem transportu jak na problemy decyzyjne, dostrzega potrzebę poszukiwania rozwiązań lepszych od intuicyjnych

Weryfikacja:

Ocena formująca i podsumowująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_K01, Tr2A\_K02

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

**Charakterystyka K02:**

Dostrzega potrzebę formalizacji zadań, rozumie, że optymalizacja rozwiązań przynosi korzyści ekonomiczne i społeczne, a jednocześnie potrafi krytycznie ocenić uzyskiwane rozwiązania

Weryfikacja:

Ocena formująca i podsumowująca: dwie kartkówki na ćwiczeniach

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** Tr2A\_K02, Tr2A\_K01

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