



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Inteligentne systemy wspomaganie decyzji [S2Inf1-SzInt>ISWD]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Informatyka

Rok/Semestr  
1/1

Studia w zakresie (specjalność)  
Sztuczna inteligencja

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
30

Laboratorium  
30

Inne  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

5,00

### Koordynatorzy

dr hab. inż. Miłosz Kadziński prof. PP  
milosz.kadzinski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

dr hab. inż. Miłosz Kadziński prof. PP  
milosz.kadzinski@put.poznan.pl

dr inż. Krzysztof Martyn  
krzysztof.martyn@put.poznan.pl

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać wiedzę z zakresu matematyki dyskretnej, algebry liniowej, optymalizacji kombinatorycznej, badań operacyjnych i wspomaganie decyzji. Powinien posiadać umiejętności rozwiązywania podstawowych problemów programowania matematycznego, pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł oraz programowania w co najmniej jednym języku. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji w zakresie modelowania rzeczywistych problemów decyzyjnych i posługiwania się narzędziami informatycznymi do ich rozwiązywania. Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, szacunek dla innych ludzi.

## Cel przedmiotu

1. Przekazanie podstawowej wiedzy na temat inteligentnych systemów wspomaganie decyzji w zakresie podstaw teoretycznych i implementacji komputerowych, a w szczególności konstruktywnego uczenia się preferencji jako podejścia charakterystycznego dla sztucznej inteligencji. 2. Nabycie wiedzy na temat wybranych metod i narzędzi szeroko rozumianej teorii decyzji wykorzystującej elementy informatyki, matematyki, sztucznej inteligencji, zarządzania i kognitywistyki. 3. Rozwijanie umiejętności analityka procesu decyzyjnego, polegających na prawidłowym doborze metody inteligentnego wspomaganie decyzji do problemu decyzyjnego, zależnym od rodzaju dostępnych danych, postaci oczekiwanego rezultatu i typu zakładanego modelu preferencji. 4. Nabycie umiejętności w posługiwaniu się oprogramowaniem będącym implementacją komputerową metod inteligentnego wspomaganie decyzji. 5. Rozwijanie umiejętności modelowania matematycznego procesu decyzyjnego w warunkach deterministycznych i w warunkach ryzyka i niepewności, obejmującego: definicję zbioru wariantów decyzyjnych, konstrukcję spójnej rodziny kryteriów (wymiarów) ich oceny, agregację kryteriów i konstruktywne uczenie się preferencji w trybie dialogowym. 6. Poznanie przykładowych praktycznych zastosowań metod inteligentnego wspomaganie decyzji oraz metod i narzędzi szeroko rozumianej teorii decyzji. 7. Nabycie zaawansowanych umiejętności z zakresu teorii gier (ang. game theory), tj. analizy oraz identyfikacji optymalnych zachowań, np. w ramach gier strategicznych, rozległych czy zatłoczenia. 8. Nabycie umiejętności wykorzystania granicznej analizy danych (ang. data envelopment analysis) w problemach badania efektywności jednostek decyzyjnych. 9. Poznanie podstawowych metod optymalizacji wielokryteriowej opartych na programowaniu liniowym i algorytmach ewolucyjnych, a także nabycie umiejętności ich zastosowania do rozwiązywania rzeczywistych problemów optymalizacji. 10. Zrozumienie zasad działania algorytmów uczenia preferencji (ang. preference learning) oraz ich wykorzystania do uczenia z dużych zbiorów przykładowych decyzji. 11. Kształtowanie u studentów umiejętności pracy zespołowej.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

### Wiedza:

1. ma zaawansowaną, pogłębioną wiedzę z zakresu inteligentnych systemów wspomaganie decyzji w zakresie podstaw teoretycznych, implementacji komputerowej tych metod oraz narzędzi informatycznych do tworzenia nowych metod dostosowanych do specyfiki rzeczywistego problemu decyzyjnego [k2st\_w1]
2. ma zaawansowaną wiedzę szczegółową dotyczącą pozyskiwania informacji preferencyjnych od zleceniodawcy usługi wspomaganie decyzji (zwanego decydentem), matematycznego modelowania preferencji w trybie konstruktywnego uczenia się i zastosowania tego modelu przy wypracowywaniu zalecenia (wyniku) [k2st\_w3]
3. ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w informatyce, teorii decyzji i w wybranych pokrewnych dyscyplinach naukowych w zakresie inteligentnego wspomaganie decyzji [k2st\_w4]
4. ma zaawansowaną wiedzę o cyklu życia inteligentnych systemów wspomaganie decyzji [k2st\_w5]
5. zna podstawowe metody, techniki i narzędzia stosowane przy inteligentnym wspomaganie decyzji - [k2st\_w6]
6. ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych działów matematyki, sztucznej inteligencji, zarządzania i kognitywistyki, związanych z inteligentnym wspomaganie decyzji oraz szeroko rozumianą teorią decyzji [-]
7. zna przykładowe praktyczne zastosowania metod inteligentnego wspomaganie decyzji [-]

### Umiejętności:

1. potrafi pozyskiwać informacje z literatury (w języku ojczystym i angielskim), integrować je, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie [k2st\_u1]
2. potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i problemów inteligentnego wspomaganie decyzji metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne [k2st\_u4]
3. potrafi - przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich - integrować wiedzę z różnych obszarów informatyki (a w razie potrzeby także matematyki, sztucznej inteligencji, zarządzania i kognitywistyki) oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne [k2st\_u5]
4. potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (metod i narzędzi) oraz nowych produktów informatycznych w zakresie inteligentnego wspomaganie decyzji [k2st\_u6]
5. potrafi - stosując m.in. koncepcyjnie nowe metody - rozwiązywać złożone zadania informatyczne, w tym zadania nietypowe oraz zadania zawierające komponent badawczy [k2st\_u10]

6. potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia, w tym innych osób [k2st\_u16]

7. potrafi formułować problemy decyzyjne, modelować preference uczestników procesu decyzyjnego oraz projektować metody analizy wielokryterialnej w warunkach deterministycznych i w warunkach ryzyka i niepewności [-]

Kompetencje społeczne:

1. rozumie, że w informatyce, a zwłaszcza w komputerowym wspomaganie decyzji, wiedza, technologie i umiejętności bardzo szybko stają się przestarzałe [k2st\_k1]

2. rozumie znaczenie wykorzystywania najnowszej wiedzy z zakresu teorii decyzji oraz sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu problemów badawczych i praktycznych [k2st\_k2]

3. rozumie znaczenie działalności popularyzatorskiej dotyczącej najnowszych osiągnięć w zakresie inteligentnych systemów wspomaganie decyzji [k2st\_k3]

4. potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role: analityka, decydenta lub projektanta systemu inteligentnego wspomaganie decyzji [-]

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

a) w zakresie wykładów:

- na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na wykładach.

b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń:

- na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań.

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

- ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym o różnej charakterystyce problemów do rozwiązania: pytania testowe wielokrotnego wyboru, treść do uzupełnienia, proste zadania obliczeniowe lub algorytmiczne oraz zadania problemowe o większej złożoności; kolokwium jest zaliczone pod warunkiem uzyskania co najmniej połowy punktów.

- omówienie wyników egzaminu,

b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

- ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych oraz zadań programistycznych, a także realizację projektów rozwiązujących konkretne przypadki użycia (ang. case study);

- ocenę sprawozdań przygotowywanych częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu; ocena ta obejmuje także umiejętność pracy w zespole.

Uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za:

- omówienie dodatkowych aspektów zagadnienia,

- efektywność zastosowania zdobytej wiedzy podczas rozwiązywania zadanego problemu,

- umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium,

- rozwój oprogramowania przydatnego w zajęciach laboratoryjnych.

Ocena z laboratorium wystawiana jest na podstawie sumarycznej liczby punktów zgodnie ze skalą: co najmniej 50% punktów - 3.0; 60% - 3.5; 70% - 4.0; 80% - 4.5; 90% - 5.0.

## Treści programowe

Głównym tematem wykładu z ISWD będzie wielokryterialne wspomaganie decyzji. Poznamy najślawniejsze metody wspomaganie decyzji na świecie, w tym te, które zdominowały rynek analizy decyzji i/lub powstały na Politechnice Poznańskiej. Oprócz tego, będziemy urozmaicać zajęcia, uciekając od wspomaganie decyzji do dziedzin pokrewnych takich jak teoria gier, uczenie preferencji, analiza efektywności, aspekty behawioralne oraz optymalizacja wielokryterialna.

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

1. Inteligentne Systemy Wspomaganie Decyzji (ISWD) - definicje. Problemy decyzyjne: wybór (optymalizacja), klasyfikacja (porządkowa), ranking. Aspekt wielowymiarowości i metody rozstrzygania

konfliktów między wymiarami: wielu decydentów (negocjacje i grupowe podejmowanie decyzji), wiele kryteriów (wielokryterialne wspomaganie decyzji), wiele stanów natury (podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka i niepewności). Proces wspomagania decyzji: pozyskiwanie informacji preferencyjnych, konstrukcja modelu preferencji, wypracowanie rekomendacji. Zastosowanie paradygmatu sztucznej inteligencji do konstruktywnego uczenia się preferencji.

2. Modele preferencji dla wielowymiarowych problemów decyzyjnych: (i) funkcja użyteczności, (ii) system relacyjny, (iii) zbiór reguł decyzyjnych.
3. ISWD oparte na funkcyjnym modelu preferencji: metody odpornej regresji porządkowej, metoda hierarchicznej analizy problemu (AHP). Reprezentacja interakcji – całka Choquet. Powiązania z analizą stochastycznej akceptowalności (SMAA).
4. ISWD oparte na relacyjnym modelu preferencji: metody z relacją przewyższania (ELECTRE III/IV, PROMETHEE I/II), metody odpornej regresji porządkowej (ELECTRE<sup>+</sup>GKMS).
5. ISWD oparte na regułowym modelu preferencji: metody wykorzystujące dominacyjną teorię zbiorów przybliżonych (DRSA) dla wieloatrybutowej klasyfikacji porządkowej i rankingu.
6. ISWD dla wspomagania negocjacji i decyzji grupowych.
7. Gry strategiczne: zastosowanie teorii gier w różnych dziedzinach, pojęcia stabilności i efektywności, mechanizmy rozstrzygania gier, strategie dominujące, Pareto optymalność, czysta i mieszana równowaga Nasha, iteracyjna eliminacja strategii zdominowanych, równowaga skorelowana.
8. Gry zatłoczenia: przykłady i definicje; gry potencjalne narzędzie analizy gry zatłoczenia; istnieje równowagi, dynamika lepsze odpowiedzi, cena anarchii.
9. Gry rozległe (ekstensywne): reprezentacja w postaci drzewa dla gier z pełną informacją, strategie rozłożone w czasie, określenie najlepszej odpowiedzi przy wzięciu pod uwagę kolejności podejmowania akcji; perfekcja we fragmencie gry; algorytm wstecznej indukcji; słynne gry: ultimatum i stonoga.
10. Graniczna analiza danych (ang. data envelopment analysis): badanie efektywności jednostek decyzyjnych, rzeczywiste przykłady zastosowań analizy efektywności, modele CCR i BCC nastawione na zmniejszenie nakładów lub zwiększenie efektów, super-efektywność, efektywność krzyżowa, ograniczenia na wagi, analiza odporności, wykorzystanie symulacji Monte Carlo.
11. Metody optymalizacji wielokryterialnej: przykłady rzeczywistych problemów, podejścia klasyczne oparte na sumie ważonej, ograniczeniach z wykorzystaniem "epsilon" oraz funkcji skalaryzującej osiągu, algorytmy ewolucyjne bazujące na frontach (NSGA-II i SPEA2), wskaźnikach (SMS EMOA) oraz mechanizmie dekompozycji (MOEA/D).
12. Uczenie preferencji: przykłady zastosowań uczenia preferencji, miary oceny działania metod, podstawowe techniki uczenia preferencji.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium. Poszczególne zagadnienia omawiane w ramach wykładu są ilustrowane zadaniami podczas zajęć laboratoryjnych. Ponadto studenci analizują rzeczywiste problemy decyzyjne (ang. case study), które pozwalają na zastosowania wiedzy nt. poznanych metodologii w praktyce.

## Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacja multimedialna uzupełniona przykładami ilustracyjnymi. Demonstracja wybranych systemów z dziedziny algorytmicznej teorii decyzji.

Ćwiczenia laboratoryjne: rozwiązywanie zadań, ćwiczenia praktyczne i programistyczne, dyskusja, praca w zespole, studium przypadków, demonstracja wybranych systemów, generowanie realnych problemów decyzyjnych i rozwiązywanie ich metodami dostępnymi w laboratorium, pokaz multimedialny.

## Literatura

Podstawowa

- S.Greco, M.Ehrgott, J.R. Figueira (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, 2016; <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4>
- S.Corrente, S.Greco, M.Kadziński, R.Słowiński, *Robust Ordinal Regression in Preference Learning and Ranking*, *Machine Learning*, 93 (2013) 381-422; <https://doi.org/10.1007/s10994-013-5365-4>
- R. Słowiński, Y. Yao (eds.), *Rough Sets, Part C of the Handbook of Computational Intelligence*, Springer, 2015, pp. 329-451; <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43505-2>
- M. Cinelli, M. Kadziński, M. Gonzalez, R. Słowiński, *How to Support the Application of Multiple Criteria Decision Analysis? Let Us Start with a Comprehensive Taxonomy*, *Omega*, 96 (2020) 102261; <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102261>
- P. Straffin, *Teoria gier*. Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa, 2001.
- J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, R. Słowiński, *Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary*

Approaches. Springer, Berlin, 2008.

W.W. Cooper, L.M. Seiford, M. Lawrence, K. Tone, Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, Springer, US, 2007.

J. Fürnkranz, E. Hullermeier, Preference Learning. Springer, Berlin, 2010.

Uzupełniająca

S. Greco, M. Kadziński, V. Mousseau, R. Słowiński, ELECTRE<sup>+</sup>GKMS: Robust Ordinal Regression for Outranking Methods, European Journal of Operational Research, 214 (2011) 118-135;  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2011.03.045>

S. Greco, M. Kadziński, V. Mousseau, R. Słowiński, Robust Ordinal Regression for Multiple Criteria Group Decision: UTA<sup>+</sup>GMS-GROUP and UTADIS<sup>+</sup>GMS-GROUP; Decision Support Systems, 52 (2012), 549–561;  
<https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.10.005>

M.J. Osborne, An Introduction to Game Theory. Oxford University Press, 2004.

A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y. Lewin, L.M. Seiford, Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications, Springer, Netherlands, 1994.

M. Kadziński, A. Labijak, M. Napieraj, Integrated framework for robustness analysis using ratio-based efficiency model with application to evaluation of Polish airports, Omega 67, 1-18, 2017.

M. Tomczyk, M. Kadziński, Decomposition-based interactive evolutionary algorithm for multiple objective optimization, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 24(2), 320-334, 2020.

J. Liu, M. Kadziński, X. Liao, X. Mao, Data-driven preference learning methods for value-driven multiple criteria sorting with interacting criteria, INFORMS Journal on Computing, 2021.

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	125	5,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	60	3,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	65	2,00