

<b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>		
Nazwa modułu/przedmiotu <b>Elementy Inteligencji Obliczeniowej</b>		Kod <b>1010511371010510194</b>
Kierunek studiów <b>Informatyka</b>	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) <b>ogólnoakademicki</b>	Rok / Semestr <b>4 / 7</b>
Ścieżka obieralności/specjalność <b>-</b>	Przedmiot oferowany w języku: <b>polski</b>	Kurs (obligatoryjny/obieralny) <b>obieralny</b>
Stoień studiów: <b>I stopień</b>	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) <b>stacjonarna</b>	
Godziny Wykłady: <b>30</b> Ćwiczenia: <b>-</b> Laboratoria: <b>30</b> Projekty/seminaria: <b>-</b>		Liczba punktów <b>4</b>
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) <b>kierunkowy</b>		(ogólnouczelniany, z innego kierunku) <b>z danego kierunku</b>
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki <b>nauki techniczne</b> <b>nauki techniczne</b>		Podział ECTS (liczba i %) <b>4 100%</b> <b>4 100%</b>
<b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b> <b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b> prof. dr hab. inż. Krzysztof Krawiec                      dr hab. inż. Miłosz Kadziński email: krzysztof.krawiec@cs.put.poznan.pl              email: milosz.kadzinski@cs.put.poznan.pl tel. +48616653061    tel. +48616653022 Informatyki, Instytut Informatyki PP                      Informatyki, Instytut Informatyki PP ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań                              ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań		
<b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>		
1	<b>Wiedza:</b>	Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać wiedzę z zakresu matematyki dyskretnej, algebry liniowej, optymalizacji kombinatorycznej, badań operacyjnych, wspomaganie decyzji i sztucznej inteligencji.
2	<b>Umiejętności:</b>	Powinien posiadać umiejętności rozwiązywania podstawowych problemów programowania matematycznego, pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł oraz programowania w co najmniej jednym języku obiektowym.
3	<b>Kompetencje społeczne</b>	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.
<b>Cel przedmiotu:</b>		
Ogólnym celem jest poznanie przez studentów teoretycznych i praktycznych aspektów szeroko rozumianej algorytmicznej teorii decyzji i sieci neuronowych, a w szczególności:		
1. Nabycie zaawansowanych umiejętności z zakresu teorii gier (ang. game theory), tj. analizy oraz identyfikacji optymalnych zachowań w ramach gier strategicznych, ekstensywnych oraz kooperacyjnych. 2. Zrozumienie mechanizmów funkcjonowania oraz algorytmów rozstrzygania aukcji o charakterze prostym i kombinatorycznym. 3. Nabycie umiejętności wykorzystania granicznej analizy danych (ang. data envelopment analysis) w problemach badania efektywności jednostek decyzyjnych. 4. Poznanie podstawowych metod optymalizacji wielokryterialnej opartych na programowaniu liniowym i algorytmach genetycznych, a także nabycie umiejętności ich zastosowania do rozwiązywania rzeczywistych problemów optymalizacji. 5. Opanowanie wybranych metod związanych ze sztucznymi sieciami neuronowymi oraz zapoznanie się z paradygmatem głębokiego uczenia (ang. deep learning) 6. Poznanie algorytmów i metod uczenia głębokich sieci neuronowych. 7. Nabycie umiejętności stosowania głębokich sieci neuronowych do rozwiązywania problemów rozpoznawania obrazów, rozpoznawania mowy i przetwarzania języka naturalnego.		
<b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>		
<b>Wiedza:</b>		

<p>1. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie algorytmów i złożoności, języków i paradygmatów programowania, sztucznej inteligencji oraz wspomagania decyzji - [K1st_W4]</p> <p>2. ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w informatyce, w szczególności w zakresie inteligencji obliczeniowej - [K1st_W5]</p> <p>3. zna podstawowe metody, techniki i narzędzia stosowane przy rozwiązywaniu prostych zadań informatycznych z zakresu analizy złożoności obliczeniowej, algorytmów i problemów, sztucznej inteligencji oraz wspomagania decyzji - [K1st_W7]</p> <p>4. ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z matematyki przydatną do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań informatycznych - [K1st_W1]</p> <p>5. ma szczegółową wiedzę nt. algorytmiki - [-]</p>
<p><b>Umiejętności:</b></p> <p>1. pozyskiwać informacje z literatury oraz innych źródeł (w języku ojczystym i angielskim), integrować je, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie - [K1st_U1]</p> <p>2. posługiwać się technikami informacyjno-komunikacyjnymi wykorzystywanymi przy realizacji przedsięwzięć informatycznych - [K1st_U2]</p> <p>3. wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań informatycznych metody analityczne, logiczne i eksperymentalne - [K1st_U4]</p> <p>4. zaprojektować ? zgodnie z zadaną specyfikacją ? oraz zrealizować prosty system informatyczny, używając właściwych metod, technik i narzędzi - [K1st_U10]</p> <p>5. sformułować i zaimplementować algorytm z użyciem przynajmniej jednego z popularnych narzędzi - [K1st_U11]</p> <p>6. potrafi planować i realizować proces własnego permanentnego uczenia się oraz zna możliwości dalszego dokształcania się w zakresie inteligencji obliczeniowej (w tym przede wszystkim sieci neuronowych i wspomagania decyzji) - [K1st_U19]</p> <p>7. planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski - [-]</p> <p>8. przygotować, w języku ojczystym i angielskim, dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu informatyki - [-]</p>
<p><b>Kompetencje społeczne:</b></p> <p>1. rozumie, że w informatyce wiedza i umiejętności bardzo szybko stają się przestarzałe - [K1st_K1]</p> <p>2. ma świadomość znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów inżynierskich oraz zna przykłady i rozumie przyczyny wadliwie działających systemów informatycznych, które doprowadziły do poważnych strat finansowych, społecznych lub też do poważnej utraty zdrowia, a nawet życia - [K1st_K2]</p>

### Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia

Efekty kształcenia 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 zaliczeniu 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; zaliczenie pod warunkiem uzyskania ponad połowy punktów.

? omówienie wyników zaliczenia,

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

? ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zadań laboratoryjnych poprzez kolokwium,

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

? ocenę umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych oraz zadań programistycznych.

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.

### Treści programowe

W ramach wykładu przedstawiane są następujące zagadnienia z zakresu teorii gier, granicznej analizy danych, optymalizacji wielokryterialnej:

? Pojęcia gry, gracza (agenta), strategii, macierzy wypłat oraz funkcji użyteczności. Przykłady prostych gier (dylemat więźnia, bitwa płci, gra w cykora). Zastosowania teorii gier w informatyce, ekonomii, socjologii i biologii.

? Gry strategiczne: rozumowanie strategiczne dla gier bez współpracy i z pełną informacją. Identyfikacja strategii dominujących (ang. dominant strategies) oraz strategii równowagi (ang. equilibrium strategies). Czysta równowaga Nasha (ang. pure Nash equilibrium) oraz Pareto optymalność.

? Strategie mieszane. Rozróżnienie czystej i mieszanej równowagi Nasha (ang. mixed Nash equilibrium). Istnienie oraz identyfikacja mieszanych równowag Nasha. Złożoność obliczeniowa dla gier o większych wymiarach. Praktyczne wykorzystanie równowagi Nasha. Strategie ściśle dominujące oraz iteracyjna eliminacja strategii. Strategie minimax i twierdzenie minimax dla gier o sumie zerowej. Równowaga skorelowana (ang. correlated equilibrium).

? 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. Wprowadzenie do gier z niepełną informacją. Strategie mieszane i zachowawcze.

? Gry iterowane: iterowany dylemat więźnia, skończona i nieskończona powtarzalność, gry stochastyczne. Aspekty uczenia w grach iterowanych. Równowaga i racjonalność w grach nieskończenie powtarzalnych.

? Gry koalicyjne (kooperacyjne) ze współpracą, wartość Shapley'a, rdzeń w procesie formowania koalicji.

? Gry Bayesowskie i ich analiza.

? Wybrane metody optymalizacji wielokryterialnej oparte na sumie ważonej oraz epsilon-constraint method oraz podstawowych algorytmach ewolucyjnych: NSGA-II i SPEA2.

? Graniczna analiza danych (ang. data envelopment analysis): badanie efektywności jednostek decyzyjnych, modele CCR i BCC nastawione na zmniejszenie nakładów lub zwiększenie efektów; super-efektywność, efektywność krzyżowa.

Z zakresu sztucznych sieci neuronowych i głębokiego uczenia omówione zostaną:

? Podstawowe pojęcia z zakresu sieci neuronowych: sztuczny neuron, funkcja aktywacji, perceptron, sieci wielowarstwowe, jednokierunkowe.

? Metody uczenia sieci neuronowych ? wsteczna propagacja błędu (ang. backpropagation), uczenie typu Hebb'a i typu konkurencyjnego; techniki inicjalizacji wag sieci, stochastyczne maskowanie neuronów (ang. dropout), normalizacja sygnału uczącego (ang. batch normalization), klasyczne metody regularyzacji wag (ang. regularization). Omówienie funkcji straty (ang. loss function) dla problemu klasyfikacji, regresji i predykcji strukturalnej (ang. structured prediction). Adaptatywne algorytmy sterowania prędkością uczenia (Adagrad, RMSProp).

? Konwolucyjne sieci neuronowe: operacje splotu (ang. convolution) i agregacji (ang. pooling), budowa warstwy konwolucyjnej, współdzielenie parametrów (ang. parameter sharing), lokalne połączenia pomiędzy neuronami (ang. local connectivity).

? Głębokie uczenie: pojęcie, zalety oraz wyzwania stawiane przez głębokie architektury sieci, omówienie technik uczenia głębokich sieci, m.in. nienadzorowane uczenie warstw sieci (ang. layer-wise unsupervised pretraining), uczenie pół-nadzorowane (ang. semi-supervised learning), transfer wiedzy (ang. transfer learning), sieci typu autoenkoder (ang. autoencoders), sieci rezydualne (ang. residual networks).

? Rekurencyjne sieci neuronowe: problem modelowania sekwencji, sieci LSTM (ang. long short-term memory) oraz GRU (ang. gated recurrent unit).

? Wybrane zastosowania: widzenie komputerowe (ang. computer vision), rozpoznawanie mowy (ang. speech recognition), przetwarzanie języka naturalnego (ang. natural language processing).

Poszczególne zagadnienia omawiane w ramach wykładu są ilustrowane zadaniami podczas ćwiczeń laboratoryjnych. Ponadto studenci analizują rzeczywiste problemy decyzyjne (ang. case study), które pozwalają na zastosowania wiedzy nt. poznanych metodologii w praktyce.

Metody dydaktyczne:

1. Wykład: prezentacja multimedialna uzupełniona przykładami podawanymi na tablicy, demonstracja wybranych systemów z dziedziny inteligencji obliczeniowej, w tym algorytmicznej teorii decyzji oraz sieci neuronowych.

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

#### Literatura podstawowa:

1. P. Straffin. Teoria gier, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa, 2001.
2. J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, R. Słowiński. Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches, Springer, Berlin, 2008.
3. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. Deep Learning: Systemy uczące się. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2018
4. C. M. Bishop. Neural Networks for Pattern Recognition, Oxford University Press, 1995.

<b>Literatura uzupełniająca:</b>		
1. M.J. Osborne. An Introduction to Game Theory. Oxford University Press, 2004.		
2. P. Cramton, Y. Shoham, R. Steinberg, Combinatorial Auctions, MIT Press, Boston, 2006.		
3. A. Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow, O'Reilly Media, 2017.		
4. M. A. Nielsen. Neural Networks and Deep Learning, Determination Press, 2015.		
5. M. Kadziński, T. Tervonen, M. Tomczyk, R. Dekkert, Evaluation of multi-objective optimization approaches for solving green supply chain design problems, Omega, 68:168-184, 2017.		
6. 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.		
7. P. Liskowski, K. Krawiec, Segmenting Retinal Blood Vessels with Deep Neural Networks, IEEE Transactions on Medical Imaging 35(11), 2016.		
<b>Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta</b>		
<b>Czynność</b>	<b>Czas (godz.)</b>	
1. Udział w zajęciach laboratoryjnych	30	
2. Przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych	4	
3. Dokończenie (w ramach pracy własnej) sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych	8	
4. Udział w konsultacjach związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych / projektu	2	
5. Napisanie programu / programów, uruchomienie i weryfikacja (czas poza zajęciami laboratoryjnymi)	12	
6. Udział w wykładach	30	
7. Zapoznanie się ze wskazaną literaturą / materiałami dydaktycznymi (10 stron = 1h), 50 stron	5	
8. Przygotowanie do zaliczenia i obecność na zaliczeniu: 8 godz. + 2 godz	10	
<b>Obciążenie pracą studenta</b>		
<b>forma aktywności</b>	<b>godzin</b>	<b>ECTS</b>
Łączny nakład pracy	101	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	64	2
Zajęcia o charakterze praktycznym	56	2