

<b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>		
Nazwa modułu/przedmiotu <b>Metaheurystyki i obliczenia inspirowane biologicznie</b>		Kod <b>1010512321010513902</b>
Kierunek studiów <b>Informatyka</b>	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) <b>ogólnoakademicki</b>	Rok / Semestr <b>1 / 2</b>
Ścieżka obieralności/specjalność <b>Inteligentne systemy wspomagania decyzji</b>	Przedmiot oferowany w języku: <b>polski</b>	Kurs (obligatoryjny/obieralny) <b>obligatoryjny</b>
Stopień studiów: <b>II stopień</b>	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) <b>stacjonarna</b>	
Godziny Wykłady: <b>30</b> Ćwiczenia: <b>15</b> Laboratoria: <b>30</b> Projekty/seminaria: <b>-</b>		Liczba punktów <b>6</b>
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) (ogólnouczelniany, z innego kierunku) <b>kierunkowy z danego kierunku</b>		
Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki <b>nauki techniczne</b>		Podział ECTS (liczba i %) <b>6 100%</b>
<b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b>  dr hab. inż. Maciej Komosiński email: maciej.komosiński@put.poznan.pl tel. 61 6652931 Instytut Informatyki 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 podstawową wiedzę na temat złożoności obliczeniowej, algorytmów uczenia maszynowego i sztucznych sieci neuronowych.
2	<b>Umiejętności:</b>	Powinien posiadać umiejętność modelowania i rozwiązywania prostych problemów optymalizacyjnych, umiejętności programistyczne oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł.
3	<b>Kompetencje społeczne</b>	Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji. Ponadto w zakresie kompetencji społecznych student musi prezentować takie postawy jak uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, oraz szacunek dla innych ludzi.
<b>Cel przedmiotu:</b> 1. Przekazanie studentom wiedzy na temat zaawansowanych algorytmów optymalizacji, w tym algorytmów inspirowanych biologicznie takich jak algorytmy ewolucyjne, mrówkowe, roju cząstek 2. Przekazanie wiedzy o wspólnych cechach i o jednorodnym ujęciu wszystkich algorytmów optymalizacji 3. Przekazanie wiedzy na temat teorii gier ze szczególnym uwzględnieniem modelowania populacji graczy 4. Przekazanie wiedzy z zakresu sztucznego życia oraz symulacji modeli biologicznych 5. Rozwinięcie u studentów umiejętności wydajnej implementacji oraz oceny efektywności algorytmów optymalizacji ? zarówno czasowej, jak i jakościowej 6. Kształtowanie u studentów umiejętności wyciągania wniosków z samodzielnie prowadzonych badań i tworzenia raportów z eksperymentów obliczeniowych oraz właściwej wizualizacji rezultatów		
<b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>		
<b>Wiedza:</b> 1. ma pogłębioną wiedzę na temat symulacji procesów fizycznych i biologicznych - [K_W2] 2. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie algorytmów optymalizacji i złożoności problemów optymalizacyjnych - [K_W4] 3. ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu informatyki, takimi jak algorytmy metaheurystyczne: algorytmy ewolucyjne i koewolucyjne, algorytmy mrówkowe, i inne algorytmy optymalizacyjne inspirowane biologicznie - [K_W5] 4. ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w zakresie algorytmów optymalizacji, modeli biologicznych i alternatywnych środowisk obliczeniowych - [K_W6] 5. ma podstawową wiedzę o cyklu życia systemów informatycznych - [K_W7] 6. zna podstawowe metody, techniki i narzędzia stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie symulacji i optymalizacji - [K_W8]		
<b>Umiejętności:</b>		

1. potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł (w języku ojczystym i angielskim), integrować je, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie - [K\_U1]
2. potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia - [K\_U5]
3. potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne - [K\_U9]
4. potrafi - przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich - integrować wiedzę z różnych obszarów informatyki (a w razie potrzeby także wiedzę z innych dyscyplin naukowych) oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne - [K\_U10]
5. potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi - [K\_U12]
6. potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (metod i narzędzi) oraz istniejących produktów informatycznych - [K\_U13]
7. potrafi zaproponować ulepszenia podstawowych algorytmów optymalizacyjnych - [K\_U21]
8. potrafi ocenić przydatność istniejących metod i narzędzi służących do rozwiązania problemu optymalizacji lub prowadzenia symulacji procesów, a także dostrzec ograniczenia tych metod i narzędzi - [K\_U24]
9. potrafi - stosując m. in. koncepcyjnie nowe metody - zaprojektować system informatyczny pomagający w rozwiązaniu postawionego problemu, w tym także problemu badawczego - [K\_U25]
10. potrafi - zgodnie z zadaną specyfikacją, uwzględniając aspekty pozatechniczne - zaprojektować złożony system informatyczny i zrealizować go ? co najmniej w części ? używając właściwych metod, technik i narzędzi, w tym przystosowując do tego celu istniejące lub opracowując nowe narzędzia - [K\_U27]

#### Kompetencje społeczne:

1. rozumie, że w informatyce wiedza i umiejętności bardzo szybko stają się przestarzałe - [K\_K1]
2. zna możliwości dalszego dokształcania się - [K\_K3]
3. zna przykłady i rozumie przyczyny wadliwych działających systemów informatycznych, które doprowadziły do poważnych strat finansowych i społecznych - [K\_K4]
4. potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania - [K\_K6]
5. prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z funkcjonowaniem w społeczeństwie - [K\_K7]

#### 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 poprzednich wykładach,
- b) w zakresie laboratoriów i 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 składającym się z kilkunastu pytań o charakterze testu lub krótkich zadań. Przekroczenie 50% punktów pozwala uzyskać ocenę dostateczną.
  - omówienie wyników egzaminu,
- b) w zakresie laboratoriów i ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:
  - ocenę umiejętności związanych z realizacją ćwiczeń laboratoryjnych,
  - ocenianie ciągle, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) - premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznаныmi zasadami i metodami,
  - ocenę sprawozdań przygotowywanych częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu,
  - dokonanie prezentacji wybranego środowiska symulacyjnego lub modelu biologicznego oraz wyników własnych eksperymentów.

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

- przeprowadzenie rozszerzonych, nieobowiązkowych eksperymentów w ramach zadań laboratoryjnych oraz ich opisanie w sprawozdaniu,
- uwagi pozwalające udoskonalić materiały dydaktyczne.

#### Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Odmiany i udoskonalenia algorytmów lokalnej optymalizacji. Algorytm Symulowanego Wyżarzania i jego parametryzacja. Sposoby ustalania temperatury początkowej oraz schematu chłodzenia i ich wpływ na działanie algorytmu. Algorytm przeszukiwania Tabu oraz techniki zwiększające jego efektywność. Typowe problemy występujące podczas optymalizacji metodami metaheurystycznymi. Podział algorytmów ewolucyjnych. Prosty algorytm genetyczny i jego elementy składowe. Ocena działania algorytmu ewolucyjnego. Techniki selekcji, krzyżowania, mutacji, skalowania ocen rozwiązań. Twierdzenie o schematach i epistaza. Problemy zawodne i twierdzenie "No Free Lunch". Nieporządnym algorytm genetyczny. Hierarchiczny algorytm genetyczny. Empiryczna i teoretyczna ocena algorytmów genetycznych. Mechanizmy inspirowane naturą. Strategie ewolucyjne. Ewolucja różnicowa. Programowanie ewolucyjne: reprezentacja zmiennoprzecinkowa, embriogeneza, krzyżowanie a globalna wypukłość. Programowanie genetyczne i regresja symboliczna. Systemy klasyfikatorowe: wejście i wyjście, cykl działania, uczenie, ocena klasyfikatorów, algorytm Bucket Brigade, odkrywanie reguł. Rozwiązywanie problemów wielokryterialnych za pomocą algorytmów ewolucyjnych. Wzbogacanie wiedzą oraz sposoby uwzględniania ograniczeń. Równoległe algorytmy ewolucyjne. Architektury koewolucyjne? kooperatywne i konkurencyjne. Problemy i patologie w koewolucji oraz sposoby ich minimalizowania. Omówienie innych technik optymalizacji: algorytmów mrówkowych i stygmergii (AA/ACO), algorytmów roju cząstek (PSO), sztucznych systemów odpornościowych (AIS), algorytmów pszczoł (ABC), algorytmów grawitacyjnych (GSA) i elektrostatycznych (CSS) oraz pozostałych algorytmów inspirowanych biologicznie. Odmienne środowiska i paradygmaty obliczeniowe (molekularne, kwantowe, membranowe) i ich zastosowanie w optymalizacji. Sztuczne życie; definicje życia i obszary zainteresowań badaczy. Teorie ewolucyjne. Emergencja. Ewolucja spontaniczna i ukierunkowana. Ewolucja ograniczona i otwarta. Automaty komórkowe. L systemy. Przykłady klasycznych eksperymentów sztucznego życia. Projektowanie ewolucyjne i robotyka ewolucyjna; mapowanie genotyp-fenotyp, morfogeneza i modularność. Symulacja fizyki. Agent a środowisko; złożone systemy adaptacyjne (CAS) i systemy wieloagentowe (MAS). Poziomy autonomii agentów. Formalny opis systemu ewoluującego. Elementy teorii gier i gry ewolucyjne. Zachowania i dylematy społeczne. Przykłady modeli życia biologicznego i wnioski płynące z ich symulacji.

Zajęcia laboratoryjne obejmują piętnaście 2-godzinnych zajęć odbywających się w laboratorium, poświęconych następującym zagadnieniom:

Problemy optymalizacji: QAP, STSP, ATSP, GPP (przestrzeń rozwiązań, reprezentacja rozwiązania, definicja funkcji celu, własności). Dane opisujące instancje tych problemów i występujące formaty plików. Różne metody generowania permutacji losowej? ich własności i porównanie. Propozycje algorytmów heurystycznych rozwiązujących rozpatrywane problemy optymalizacji. Algorytm losowy i jego skuteczność. Sposoby dokładnego pomiaru czasu działania algorytmu niezależne od stopnia precyzji dostępnego zegara. Implementacje algorytmów przeszukiwania lokalnego. Sąsiedztwa, ich realizacje, rozmiary i specyfika. Metody wyznaczania odległości od rozwiązania optymalnego. Stabilność uzyskiwanych wyników eksperymentów. Miary efektywności algorytmów. Średnia liczba kroków algorytmu oraz liczba ocenionych rozwiązań dla algorytmów optymalizacji lokalnej. Jakość rozwiązania początkowego a jakość rozwiązania końcowego. Liczba uruchomień algorytmu i jej wpływ na najlepsze znalezione rozwiązanie. Sposoby obiektywnej oceny podobieństwa znajdowanych przez algorytmy rozwiązań optymalnych lokalnie. Wykres jakość-podobieństwo a "globalna wypukłość". Sposoby porównywania algorytmów optymalizacji lokalnej oraz metaheurystyk (przeszukiwania Tabu oraz Symulowanego Wyżarzania). Projektowanie ewolucyjne i robotyka ewolucyjna w porównaniu do klasycznych problemów optymalizacji kombinatorycznej. Praktyczne eksperymenty w środowisku Framsticks. Rola reprezentacji genetycznej w optymalizacji ewolucyjnej. Skuteczność optymalizacji w projektowaniu ewolucyjnym.

Ćwiczenia poświęcone są prezentacji istniejących środowisk symulacyjnych, przedstawieniu obszaru ich zastosowania i dyskusji ich ograniczeń. Lista dostępnych środowisk obejmuje sodarace, mcell, dldlab, starlogo, netlogo, repast, ecj. Ćwiczenia poświęcone są również modelowaniu praktycznych problemów i demonstracji przykładowych implementacji z wykorzystaniem istniejących środowisk symulacyjnych. Prezentacje obejmują także wybrane tematy z zakresu sztucznego życia, takie jak inteligencja grupowa, L-systemy, robotyka inspirowana biologicznie, impulsowe sieci neuronowe, modele matematyczne w biologii, oraz komputerowe symulacje fizyki.

Metody dydaktyczne:

1. wykład: prezentacja multimedialna, prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, rozwiązywanie zadań, pokaz multimedialny, demonstracja, dyskusja
2. laboratoria: prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, rozwiązywanie zadań, demonstracja działania programu, dyskusja, ćwiczenia praktyczne, wykonywanie eksperymentów
3. ćwiczenia: prezentacja multimedialna, prezentacja ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy, rozwiązywanie zadań, demonstracja działania programu, dyskusja, ćwiczenia praktyczne, studium przypadków

#### Literatura podstawowa:

1. D.E. Goldberg, Algorytmy genetyczne i ich zastosowania, WNT, Warszawa, 2003.
2. Z. Michalewicz, Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne, WNT, Warszawa, 2003.
3. M. Komosinski, A. Adamatzky, Artificial Life Models in Software. Springer, wydanie drugie, 2009.
4. A. Adamatzky, M. Komosinski, Artificial Life Models in Hardware. Springer, 2009.

#### Literatura uzupełniająca:

1. R. Dawkins, Ślepy zegarmistrz / Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa / Samolubny gen.
2. George B. Dyson, Darwin wśród maszyn: rzecz o ewolucji inteligencji. Prószyński i S-ka, 2005.
3. Bernd-Olaf Küppers, Geneza informacji biologicznej. Filozoficzne problemy powstania życia, PWN 1991.
4. C. G. Langton, Artificial Life: An Overview. MIT Press, 1995.

#### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

Czynność	Czas (godz.)
----------	--------------

1. udział w zajęciach laboratoryjnych	30
2. udział w konsultacjach związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych (częściowo mogą być realizowane drogą elektroniczną)	6 25
3. napisanie programów i zebranie wyników obliczeń	15
4. przygotowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych	15
5. udział w ćwiczeniach	30
6. udział w wykładach	4
7. zapoznanie się z literaturą	12
8. przygotowanie do egzaminu	2
9. obecność na egzaminie	8
10. przygotowanie prezentacji	2
11. omówienie wyników egzaminu	
<b>Obciążenie pracą studenta</b>	
<b>forma aktywności</b>	<b>godzin</b>
<b>ECTS</b>	
Łączny nakład pracy	149
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	85
Zajęcia o charakterze praktycznym	85