



Modelowanie i symulacja systemów

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Informatyka - Data Science Specjalność Wszystkie Jednostka organizacyjna Wydział Informatyki Poziom kształcenia Studia magisterskie inżynierskie II stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2025/2026 Kod przedmiotu WIIDSS.IIi1.02895.25 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Do wyboru Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Rafał Dreżewski	
Prowadzący zajęcia	Rafał Dreżewski, Wojciech Turek	
Okres Semestr 1	Forma zaliczenia Zaliczenie Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 14 Ćwiczenia laboratoryjne: 28	Liczba punktów ECTS 3

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Przekazanie studentom wiedzy z zakresu współczesnych podejść oraz algorytmów wykorzystywanych w modelowaniu i symulacji, ze szczególnym uwzględnieniem podejścia agentowego.
C2	Zapoznanie studentów z kolejnymi etapami tworzenia modelu i symulacji agentowej wybranego zjawiska świata rzeczywistego.
C3	Zapoznanie studentów z metodami przeprowadzania eksperymentów symulacyjnych oraz opracowywaniem i prezentowaniem ich wyników.

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	podstawowe rodzaje modeli i systemów symulacyjnych.	INFDS2A_W01, INFDS2A_W02, INFDS2A_W04	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
W2	podstawowe mechanizmy sterowania symulacją.	INFDS2A_W01, INFDS2A_W02	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
W3	konceptcje agentowego modelowania i symulacji oraz zasady tworzenia agentowych modeli wybranych zjawisk świata rzeczywistego.	INFDS2A_W01, INFDS2A_W02, INFDS2A_W04	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
W4	techniki i algorytmy wykorzystywane w implementacji agentowych systemów symulacyjnych.	INFDS2A_W01, INFDS2A_W02, INFDS2A_W03	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	przeprowadzać eksperymenty symulacyjne przy użyciu zaimplementowanego oprogramowania oraz opracowywać, interpretować i opisywać wyniki eksperymentów.	INFDS2A_U01, INFDS2A_U03, INFDS2A_U04, INFDS2A_U05, INFDS2A_U06, INFDS2A_U07	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
U2	opracować agentowy model wybranego zjawiska.	INFDS2A_U02, INFDS2A_U04, INFDS2A_U05, INFDS2A_U06, INFDS2A_U07	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
U3	zaimplementować opracowany, agentowy model symulacyjny, wykorzystując wybrane narzędzia i biblioteki programistyczne.	INFDS2A_U01, INFDS2A_U02, INFDS2A_U03, INFDS2A_U04, INFDS2A_U06, INFDS2A_U07	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	analizy i krytycznej oceny pozatechnicznych aspektów zastosowań technik modelowania i symulacji.	INFDS2A_K01, INFDS2A_K02	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

W ramach zajęć student zapoznaje się z podstawowymi mechanizmami, technikami oraz podejściami do modelowania i symulacji ze szczególnym uwzględnieniem podejścia agentowego.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	14
Ćwiczenia laboratoryjne	28
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	14
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	28
Dodatkowe godziny kontaktowe	5
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 89
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 42

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Pojęcia i zagadnienia podstawowe: system, system a środowisko, model, agent, obiekt, atrybuty, stan systemu, zdarzenie, akcja, proces. Systemy dyskretne. Systemy ciągłe. Modele symulacyjne. Eksperymenty z istniejącym systemem lub modelem systemu. Model fizyczny a model matematyczny. Rozwiązanie analityczne a symulacja (2 godz.). 2. Modele symulacyjne statyczne i dynamiczne. Modele symulacyjne deterministyczne i stochastyczne. Modele symulacyjne z czasem ciągłym i dyskretnym. Modele z dyskretnymi zdarzeniami. Etapy modelowania i symulacji. Sterowanie symulacją. Symulacja sterowana czasem. Symulacja sterowana zdarzeniowo. (2 godz.) 3. Sztuczne życie. Automaty komórkowe. Zachowania stadne. Systemy mrówkowe. Wprowadzenie w zagadnienia modelowania i symulacji agentowej. Pojęcie agenta i systemu wieloagentowego (środowisko, agenty, obiekty, relacje, akcje agentów, operatory reprezentujące "prawa natury"). Cechy charakterystyczne modelowania agentowego. Modelowanie i symulacja agentowa a inne podejścia do modelowania i symulacji (2 godz.). 4. Kiedy warto stosować modelowanie i symulację agentową? Etapy tworzenia modelu agentowego. Weryfikacja modelu. Walidacja modelu. Kwestia czasu w modelu agentowym (2 godz.). 5. Projektowanie i implementacja agentowego modelu symulacyjnego. Omówienie przykładowych narzędzi programistycznych, bibliotek, środowisk symulacyjnych oraz framework'ów. (2 godz.). 6. Omówienie przykładowych symulacji agentowych: symulacja zachowania tłumu, symulacja ruchu drogowego, symulacje biologiczne i społeczne (2 godz.). 7. Perspektywy agentowego podejścia do modelowania i symulacji. Możliwości wykorzystywania w agentowym modelowaniu i symulacji technik uczenia maszynowego oraz biologicznie i społecznie inspirowanych technik sztucznej inteligencji (2 godz.).	W1, W2, W3, W4, K1	Wykład
2.	1. Opracowanie agentowego modelu wybranego zjawiska biologicznego, społecznego, ekonomicznego lub innego (4 godz.). 2. Implementacja opracowanego agentowego modelu symulacyjnego z wykorzystaniem wybranych narzędzi i bibliotek programistycznych (12 godz.). 3. Przeprowadzenie wstępnych eksperymentów symulacyjnych z wykorzystaniem zaimplementowanego agentowego modelu symulacyjnego. Weryfikacja poprawności modelu symulacyjnego na podstawie wyników eksperymentów symulacyjnych. Ewentualna modyfikacja modelu symulacyjnego lub jego implementacji (4 godz.). 4. Przeprowadzenie właściwych eksperymentów symulacyjnych z wykorzystaniem zaimplementowanego agentowego systemu symulacyjnego. Opracowanie, interpretacja i prezentacja wyników przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych (8 godz.).	W1, W2, W3, W4, U1, U2, U3, K1	Ćwiczenia laboratoryjne

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Wykłady z przedmiotu będą prowadzone w sposób zdalny z wykorzystaniem platformy MS Teams. Pozostałe zajęcia będą odbywać się w salach., Dyskusja, Praca grupowa, Kształcenie zdalne, Metoda projektowa (ang. Project Based Learning), Mentoring, Tutoring, Nauczanie przez dociekanie (ang. Inquiry Based Learning), Wykład

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań	Zrealizowanie projektu o tematyce ustalonej z prowadzącym.
Ćwiczenia laboratoryjne	Aktywność na zajęciach, Projekt, Sprawozdanie, Prezentacja, Zaliczenie laboratorium, Przygotowanie i przeprowadzenie badań	Zrealizowanie projektu o tematyce ustalonej z prowadzącym.

Dodatkowy opis

Wykłady z przedmiotu będą prowadzone w sposób zdalny z wykorzystaniem platformy MS Teams. Pozostałe zajęcia będą odbywać się w salach. Dotyczy to także zaliczeń i egzaminów odbywających się w sesjach egzaminacyjnych.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Wykład: zrealizowanie projektu o tematyce ustalonej z prowadzącym.
Ćwiczenia laboratoryjne: zrealizowanie projektu o tematyce ustalonej z prowadzącym.
Zaliczenia poprawkowe: zrealizowanie projektu o tematyce ustalonej z prowadzącym.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa jest identyczna z oceną z ćwiczeń laboratoryjnych: $0.25 \times \text{opracowanie modelu symulacyjnego} + 0.25 \times \text{implementacja modelu symulacyjnego} + 0.25 \times \text{przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych} + 0.25 \times \text{opracowanie, interpretacja i prezentacja wyników}$.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Zrealizowanie projektu o tematyce ustalonej z prowadzącym.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Umiejętność programowania w języku Java/Scala/Python/C++ lub innym, w którym możliwa jest realizacja wybranego systemu symulacyjnego.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Wykład: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.
Ćwiczenia laboratoryjne: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

Literatura

Obowiązkowa

1. Grimm V., Railsback S.F., _Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction_, Princeton University Press, 2011.
2. Epstein J.M., _Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling_, Princeton University Press, 2007
3. Uhrmacher A.M., Weyns, D. (red.), _Multi-Agent Systems. Simulation and Applications_, CRC Press, 2009
4. Gilbert N., _Agent-based models_, SAGE Publications, 2008.
5. Hamill L., Gilbert N., _Agent-Based Modelling in Economics_, Wiley, 2016.
6. North M.J., Macal, C.M., _Managing Business Complexity: Discovering Strategic Solutions with Agent-Based Modeling and Simulation_, Oxford University Press, 2007.
7. Wilensky U., Rand, W., _An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo_, The MIT Press, 2015.

Dodatkowa

1. Lee R.S.T. (red.), _Computational Intelligence for Agent-based Systems_, Springer-Verlag, 2007.
2. Dorigo M., Stützle, T., _Ant Colony Optimization_, The MIT Press, 2004.
3. Engelbrecht A.P., _Fundamentals of Computational Swarm Intelligence_, Wiley, 2005.
4. Floreano D., Mattiussi C., _Bio-Inspired Artificial Intelligence: Theories, Methods, and Technologies_, The MIT Press, 2008.
5. Sarker R.A., Ray T., (red.), _Agent-Based Evolutionary Search_, Springer, 2010.
6. Grimm V., Railsback S.F., _Individual-based Modeling and Ecology_, Princeton University Press, 2005.
7. Sterling L.S., _The Art of Agent-Oriented Modeling_, The MIT Press, 2009.
8. Russell S., Norvig P., _Artificial Intelligence: A Modern Approach_, Pearson, 2010.
9. Ferber J., _Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence_, Addison-Wesley, 1999.
10. Wooldridge M., _An Introduction to MultiAgent Systems_, Wiley, 2009.
11. Gilbert N., Troitzsch K.G., _Simulation for the Social Scientist_, Open University Press, 2005
12. Epstein J.M., Axtell, R., _Growing artificial societies. Social science from bottom up_, Brookings Institution Press, The MIT Press, 1996.
13. Banks J., Carson J, Nelson B.L., Nicol D., _Discrete-Event System Simulation_, Prentice Hall, 2004
14. Zeigler B. P., Kim, T. G., Praehofer H., _Theory of Modeling and Simulation_, Academic Press, 2000
15. Severance, F. L., _System Modeling and Simulation: An Introduction_, Wiley, 2001

Badania i publikacje

Badania

1. Agentowe modelowanie i symulacja zjawisk biologicznych, społecznych i ekonomicznych.

Publikacje

1. R. Dreżewski. The agent-based model and simulation of sexual selection and pair formation mechanisms. *Entropy*, 20(5):342, 2018.
2. R. Dreżewski. Agent-based modeling and simulation of speciation and ecosystem diversity. In Andri Pranolo, Adhi Prahara, Ahmad Azhari, and Agus Aktawan, editors, 2018 International Symposium on Advanced Intelligent Informatics (SAIN). Revolutionize Intelligent Informatics Spectrum for Humanity, August 29–30, 2018, Yogyakarta, Indonesia, pages 210–215. IEEE, 2019.
3. R. Dreżewski. Agent-based simulation model of sexual selection mechanism. In G. Jezic, R. J. Howlett, and L. C. Jain, editors, *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications*. 9th KES International Conference, KES-AMSTA 2015 Sorrento, Italy, June 2015, Proceedings, volume 38 of Smart Innovation, Systems and Technologies, pages 155–166. Springer International Publishing, 2015.
4. A. Byrski, R. Dreżewski, L. Siwik, and M. Kisiel-Dorohinicki. Evolutionary multi-agent systems. *The Knowledge Engineering Review*, 30(2):171–186, 2015.
5. R. Dreżewski. Agent-based modeling and simulation of species formation processes. In F. Alkhateeb, E. Al Maghayreh, and I. Abu Doush, editors, *Multi-Agent Systems – Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies*, pages 3–28. InTech, Rijeka, 2011.
6. R. Dębski and R. Dreżewski. Adaptive surrogate-assisted optimal sailboat path search using onboard computers. In Derek Groen, Clélia de Mulatier, Maciej Paszynski, Valeria V. Krzhizhanovskaya, Jack J. Dongarra, and Peter M. A.

- Sloot, editors, Computational Science — ICCS 2022, pages 355–368, Cham, 2022. Springer International Publishing.
7. R. Dębski and R. Dreżewski. Surrogate-Assisted Ship Route Optimisation. In Mikyška, J., de Mulatier, C., Paszynski, M., Krzhizhanovskaya, V.V., Dongarra, J.J., Sloot, P.M., editors, Computational Science – ICCS 2023, pages 395–409, Cham, 2023. Springer International Publishing.
 8. R. Dębski and R. Dreżewski. Multi-objective ship route optimisation using estimation of distribution algorithm. *Applied Sciences*, 14(13), 2024.

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
INFDS2A_K01	Ma świadomość odpowiedzialności za własną pracę oraz za wspólnie realizowane zadania; potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy
INFDS2A_K02	Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej; rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu informacji i opinii dotyczących osiągnięć informatyki, w tym zwłaszcza metod eksploracji danych, uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji; ma świadomość wagi profesjonalnego zachowania i przestrzegania zasad etyki zawodowej, prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu
INFDS2A_U01	Potrafi projektować i realizować systemy informatyczne oparte na danych, a także konstruować systemy uczące się
INFDS2A_U02	Potrafi wykorzystać znane algorytmy, metody obliczeniowe i struktury danych w budowie systemu informatycznego
INFDS2A_U03	Posługuje się technikami i językami programowania stosowanymi w analizie danych, uczeniu maszynowym i systemach wykorzystujących metody sztucznej inteligencji; potrafi ocenić przydatność różnych paradygmatów i związanych z nimi środowisk programistycznych do rozwiązywania problemów analizy danych i realizacji systemów uczących się; potrafi czytać ze zrozumieniem, pisać, uruchamiać i weryfikować programy zapisane z użyciem różnych paradygmatów programowania
INFDS2A_U04	Potrafi ocenić przydatność i korzystać z dostępnych bibliotek, komponentów oprogramowania i narzędzi z uwzględnieniem wymagań systemów opartych na danych oraz systemów wykorzystujących metody uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji; potrafi porównać istniejące rozwiązania ze względu na zadane kryteria użytkowe i ekonomiczne oraz wskazać możliwości ich ulepszenia; potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć w zakresie informatyki
INFDS2A_U05	Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi, w szczególności potrafi opracować specyfikację projektową złożonego oprogramowania, z uwzględnieniem aspektów prawnych oraz innych aspektów pozatechnicznych, z uwzględnieniem norm i standardów, zaprojektować oprogramowanie adekwatnie do specyfikacji wymagań, opracować szczegółową dokumentację wyników, a także przygotować i przedstawić prezentację oraz przeprowadzić dyskusję wyników
INFDS2A_U06	Posługuje się językiem specjalistycznym oraz językiem obcym na poziomie B2+, w stopniu wystarczającym do porozumiewania się, czytania ze zrozumieniem literatury fachowej, a także przygotowania i wygłoszenia prezentacji na temat realizacji zadania projektowego lub badawczego
INFDS2A_U07	Rozumie potrzebę i zna możliwości podnoszenia kompetencji swoich i innych osób; potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role
INFDS2A_W01	Ma pogłębioną wiedzę w zakresie przedmiotów ścisłych, pozwalającą na formułowanie i rozwiązywanie złożonych zadań z zakresu informatyki, analizy danych oraz metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji
INFDS2A_W02	Ma pogłębioną wiedzę w zakresie rozwiązań algorytmicznych, struktur danych i metod obliczeniowych związanych z analizą danych, uczeniem maszynowym i metodami sztucznej inteligencji
INFDS2A_W03	Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych języków, paradygmatów i technik programowania oraz rozwiązań systemowych w zagadnieniach analizy danych, uczenia maszynowego i metod sztucznej inteligencji
INFDS2A_W04	Orientuje się w obecnym stanie oraz najnowszych osiągnięciach i trendach rozwojowych informatyki i dziedzin pokrewnych oraz ma wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań działalności inżynierskiej