

KARTA PRZEDMIOTU

Nazwa przedmiotu:	Zagadnienia optymalizacji w mechanice płynów		
Stopień studiów:	II (magisterski), studia doktorskie		
Kierunek studiów, specjalność:	wszystkie specjalności		
Kod przedmiotu:	Semestr studiów: 2	Liczba punktów ECTS: 4	
Poziom przedmiotu: zaawansowany	Typ przedmiotu: obieralny		
	Wykłady:	36 h	
	Ćwiczenia:	0 h	
Wymiar przedmiotu: 90 h	Laboratoria:	0 h	Praca własna: 20 h
	Konsultacje:	4 h	
	Projekt:	30 h	
Odpowiedzialny za przedmiot: prof. dr hab. inż. Jacek Szumbariski			

Cele przedmiotu

- C1. Ugruntowanie i usystematyzowanie wiedzy w zakresie formułowania matematycznego problemów brzegowych i początkowo-brzegowych w mechanice płynów
- C2. Zapoznanie z podstawami matematycznymi problemów optymalizacji i optymalnego sterowania w mechanice płynów.
- C3. Zapoznanie z podstawami matematycznymi optymalizacji geometrycznej opartej na rachunku kształtu
- C4. Zapoznanie z wybranymi zagadnieniami optymalnego sterowania procesami przepływowymi i procesami transportu w przepływach wewnętrznych o ustalonej geometrii
- C5. Zapoznanie z wybranymi zagadnieniami statycznej i dynamicznej optymalizacji kształtu (sterowanie poprzez zmienną w czasie deformację obszaru przepływu).
- C6. Uzyskanie podstawowych kompetencji w zakresie analizy numerycznej wybranych zagadnień optymalizacyjnych realizowanych w formie projektu zespołowego

Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności i innych kompetencji

1. Znajomość mechaniki płynów na poziomie studiów 1-ego stopnia uczelni technicznych
2. Znajomość podstaw optymalizacji na poziomie 1-ego stopnia studiów technicznych
3. Ogólna znajomość metod numerycznych stosowanych do zagadnień granicznych formułowanych dla RRCz (metody różnic skończonych, MES)
4. Znajomość analizy matematycznej i algebry liniowej na poziomie typowym dla 1-ego stopnia uczelni technicznych

Pożądana (ale niekonieczna) jest elementarna wiedza w zakresie podstaw teorii równań różniczkowych cząstkowych i analizy funkcjonalnej

Efekty uczenia się (wiedza)

- EW1 – Student rozumie zasady formułowania zagadnień granicznych w mechanice płynów nieściśliwych, zna repertuar dopuszczalnych warunków brzegowych oraz koncepcję sformułowania uogólnionego.
- EW2 - Student zna ogólne zasady formułowania zagadnień optymalizacyjnych dla liniowych i nieliniowych RRCz
- EW3 – Student zna warunki konieczne istnienia ekstremów funkcjonałów formułowanych dla rozwiązań RRCz, w szczególności równań termomechaniki
- EW4 – Student rozumie potrzebę i zna zasadę stosowania metody operatora sprzężonego (adjoint) do wyznaczania gradientu funkcjonału
- EW5 – Student rozumie podstawy różniczkowego rachunku kształtu i jego zastosowania w zagadnieniach optymalizacji geometrycznej

Efekty uczenia się (umiejętności)

EU1 – Student potrafi podać/wyprowadzić sformułowania silne i uogólnione dla wybranych zagadnień przepływowych i ciepło-przepływowych.

EU2 – W prostych przypadkach student potrafi sformułować funkcjonal Lagrange’a i na jego podstawie określić postać silną i uogólnioną zagadnienia pierwotnego (primal) i sprzężonego (adjoint) wraz z warunkami brzegowymi.

EU3 – W prostych przypadkach student potrafi obliczyć pochodną funkcjonatu względem zmian kształtu obszaru

EU4 – Student potrafi – samodzielnie lub w zespole – napisać własny kod numeryczny rozwiązujący zagadnienie pierwotne i sprzężone w prostych problemach optymalnego sterowania przepływem

EU5 – Student potrafi zastosować standardowe algorytmy gradientowe do wyznaczania rozwiązania prostego problemu optymalizacyjnego lub optymalnego sterowania w trybie open-loop

Efekty kształcenia (kompetencje społeczne)

ES1 – Student potrafi pracować w zespole, ma świadomość odpowiedzialności za poprawne i terminowe wykonanie powierzonych mu zadań

Treści merytoryczne przedmiotu

Wykłady	Liczba godzin
Wprowadzenie: przegląd niezbędnych pojęć, definicji i twierdzeń z zakresu algebry, analizy funkcjonalnej, teorii RRCz i metod optymalizacji	4
Ogólna koncepcja gradientowych metod optymalizacyjnych z wieloma parametrami, metoda aproksymacji stycznej versus metoda adjoint na przykładzie nieliniowego zagadnienia skończenie wymiarowego, podejście adjoint do optymalnego sterowania w skoczenie wymiarowym problemie z czasem dyskretnym i ciągłym	4
Zagadnienie optymalnego sterowania niestacjonarnym procesem opisanym równaniem różniczkowym cząstkowym. Przykład zagadnienia liniowego i nieliniowego.	2
Studium przypadku – zagadnienie optymalnego sterowania procesem mieszania przez styczny ruch brzegu obszaru w przy różnych sformułowaniach funkcjonatu celu	4
Studium przypadku – zagadnienie optymalnego mieszania z płynie realizowanego za pomocą zmiennej w czasie siły masowej	2
Studium przypadku – minimalizacja strat ciśnienia w przepływie wewnętrznym wokół obracającej się przeszkody	2
Studium przypadku – zagadnienia przepływu wewnętrznego w układzie przewodów z wieloma wlotami/wylotami i zadaniem przebiegiem w czasie wydatków	2
Studium przypadku – zagadnienie optymalnego dozowania, realizacja numeryczna i wyniki	2
Studium przypadku – zagadnienie optymalnego sterowania wydatkami w układzie rozgałęzionych przewodów, wykorzystujące sformułowanie Least-Squares i nieliniowe warunki brzegowe	2
Podstawy teoretyczne rachunku wektorowego na powierzchniach i rachunku kształtu, różniczkowe operatory styczne, pojęcie pochodnej funkcji (pola) i funkcjonatu względem zmian kształtu obszaru. Podstawowe formuły i związki całkowe. Postać Hadamarda.	3
Wariacyjne podejście do obliczania pochodnej funkcjonatu celu po kształcie obszaru, wykorzystanie zagadnienia sprzężonego do eliminacji potrzeby obliczania pochodnych po kształcie rozwiązań zagadnienia pierwotnego i sprzężonego. Przykłady.	2

Studium przypadku – zagadnienie wyznaczenia kształtu przeszkody w kanale minimalizującego straty hydrauliczne	1
Zagadnienie optymalnego sterowania przepływem poprzez zmienną w czasie geometrię obszaru przepływu. Niecylicylny rachunek kształtu i różniczkowanie funkcjonału celu względem zmian przebiegu deformacji obszary w czasie. Przykład.	3
Studium przypadku – problem optymalnego sterowania ruchem profilu w celu maksymalizacji siły nośnej (przykład optymalizacji z symulacji metodą Lattice Boltzmann)	2
Podsumowanie, perspektywy, propozycje ciekawych przypadków optymalizacyjnych.	1
Projekt zespołowy	
<p>Na podstawie studiów przypadków przedstawionych w trakcie wykładu studenci będą wykonywać projekty domowe (w zespołach 2-3 osobowych) polegające na napisaniu własnych kodów numerycznych rozwiązujących zagadnienia pierwotne i sprzężone, obliczające gradient funkcjonału celu i realizujące proces iteracyjny podążania w kierunku ekstremum. W projektach studenci będą mogli wykorzystać dostępne biblioteki numeryczne lub niekomercyjne środowiska programistyczne dla RRCz (PDE Toolbox z Matlaba, niekomercyjną wersję CFD Toolbox firmy Quickersim, środowisko Deal.II, FEniCS lub Nektar++). Projekt kończy się przedstawieniem wyczerpującego sprawozdania z załączonym kodem, oraz prezentacją na kończącym kurs seminarium sprawozdawczym.</p>	

<p>Literatura podstawowa i uzupełniająca</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Materiały przygotowane przez prowadzącego zajęcia. 2. Instrukcje obsługi do wybranego przez studentów środowiska programistycznego 3. Podane przez prowadzącego publikacje naukowe 4. Alfio Quarteroni, Numerical Models for Differential Problems. Seria: Modeling, Simulation and Applications, tom. 8. Wydanie 3, Springer, 2017. 5. Andrea Manzoni, Alfio Quarteroni, Sandro Salsa, Optimal Control of Partial Differential Equations. Analysis, Approximation and Applications. Applied Mathematical Sciences, vol. 207. Springer Nature Switzerland, 2021. 6. Hideyuki Azegami, Shape Optimization Problems. Springer Optimization and Its Applications, vol. 164. Springer Nature Singapore, 2020
--

Obciążenie studenta pracą

Forma aktywności	Średnia liczba godzin
Godziny kontaktowe z nauczycielem (zajęcia)	36
Godziny kontaktowe z nauczycielem (konsultacje)	4
Praca własna (studiowanie literatury), prace domowe - projekty	50
SUMA	90

Narzędzia dydaktyczne

1. Wykłady w formie prezentacji w formacie PDF.
2. Instrukcje do projektów domowych.
3. prace domowe
4. strony internetowe narzędzi/środowisk programistycznych do wykorzystania w projektach

Metody oceny (F – formująca, P – podsumowująca)

Ocenie podlega aktywność z realizacji drobnych prac domowych, efekt realizacji projektu, jakość raportu z projektu i sposób przedstawienia wyników podczas seminarium sprawozdawczego.

Realizacja efektów uczenia się

Efekt uczenia się	Odniesienie do efektów zdefiniowanych dla całego programu	Cele przedmiotu	Narzędzia dydaktyczne	Sposób oceny
EW1		C1,C2	Wykład, praca samodzielna	Ocena w skali ocen 2-5
EW2		C2, C3	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW3		C2,C3,C4	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW4		C3,C4,C5	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EW5		C3,C4,C5	Wykład, praca samodzielna	Jak wyżej
EU1		C1	Praca samodzielna, prace domowe	Jak wyżej
EU2		C2,C3	Praca samodzielna, prace domowe, praca nad projektem	Jak wyżej
EU3		C2,C3,C4	Praca samodzielna, prace domowe, praca nad projektem	Jak wyżej
EU4		C3,C4,C5,C6	Praca samodzielna, praca nad projektem	Jak wyżej
EU5		C3,C4,C5,C6	Praca samodzielna, praca nad projektem	Jak wyżej

ES1		C6	Praca nad projektem	Jak wyżej
-----	--	----	---------------------	-----------