

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2017/2018

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Kierunek studiów: Informatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: I

Stopień studiów: II

Specjalności: Inżynieria obliczeniowa dla inżynierów

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Modelowanie zagadnień technicznych
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Modeling of the Technical Problems
KOD PRZEDMIOTU	WFMiI I oIIS C3 17/18
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	1

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	SEMINARIUM	PROJEKT
1	15	0	30	0	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Cel przedmiotu 1 Konstruowanie modeli informatycznych w wybranym obszarze informatyki i umiejętnego posługiwania się nimi. Osiągnięcia umiejętności w wyborze metod modelowania zadań technicznych i ich zastosowań. Abstrakcyjne struktury danych i ich implementacje: listy, drzewa, grafy, kolejki. Podstawowe algorytmy grafowe: wyszukiwanie wierzchołków peryferyjnych, tworzenie struktur poziomów i drzew eliminacji. W trakcie nauki przedmiotu student zaznajamia się z podstawami tworzenia algorytmów i oprogramowania

na komputerach wielordzeniowych, technika Intel dla osiągnięcia wysokiej wydajności poprzez pisanie programów na podstawie SSE2, SSE3, AVX, FMA, macierzy rzadkich (uporządkowanie układu równań liniowych algebraicznych, solwery bezpośrednie i iteracyjne)

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Wymaganie 1 Podstawowa wiedza z analizy matematycznej, algebry liniowej, matematyki dyskretniej, systemów operacyjnych, metod numerycznych. Wymaganie 2 Umiejętność programowania w C/C++, elementarna wiedza o technikach programowania wielowątkowego.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Efekt kształcenia 1 Ma poszerzoną wiedzę w zakresie metod matematycznych niezbędną do opisu i analizy zjawisk zachodzących w modelowanej rzeczywistości.

EK2 Wiedza Efekt kształcenia 2 Zna metody wykorzystywane do symulacji komputerowej.

EK3 Wiedza Efekt kształcenia 3 Zna zaawansowane metody, techniki i narzędzia informatyczne stosowane do rozwiązywania złożonych problemów informatycznych.

EK4 Umiejętności Efekt kształcenia 4 Potrafi rozwiązywać złożone zadania inżynierskie z zakresu informatyki wykorzystując właściwe metody, techniki i narzędzia.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Typowe zadania symulacji komputerowych w zadaniach technicznych. Miary i pomiary wydajności w algorytmach obliczeniowych. Potokowe przetwarzanie danych. Pobieranie z wyprzedzeniem. Usunięcie skoków w danych i rozwijanie petli. Konflikty danych w pamięci podręcznej dla architektury SMP.	2
W2	Treści programowe 2 Oszacowanie wydajności dla typowych algorytmów algebry liniowej. Blokowanie pamięci podręcznej. Poziomy BLAS. Blokowanie rejestrów. Wektoryzowanie obliczeń i XMM rejestry. Technologia SSE2, AVX, FMA. Mnożenie macierzy przez macierz. Techniki Intel MKL. Pakowanie danych i blokowanie rejestrów ektorowych.	4
W3	Treści programowe 3 LU i LLT faktoryzacji macierzy gęstych symetrycznych, algorytmy Gaussa i Choleskiego dla macierzy symetrycznych. Blokowa faktoryzacja Choleskiego.	2
W4	Treści programowe 4 Wielowątkowość, modele oprogramowania wielowątkowego, zrównoleglenie danych, prawo Amdahla, load balance, granularity, równoległe alokowanie pamięci, Thread local Storage (TLS).	2
W5	Treści programowe 5 Macierze rzadkie symetryczne. Graf przyległości. Formaty skompresowane. Zapęnlania i metody uporządkowania. Faktoryzacja symboliczna. Algorytmy uporządkowania ND i MDA. Algorytmy hybrydowe, METIS.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W6	Treści programowe 6 Rozwiązanie układów równań liniowych algebraicznych z macierzami rzadkimi za pomocą metod bezpośrednich i iteracyjnych.	3

LABORATORIUM		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Treści programowe 1 Algorytm mnożenia macierzy przez wektor. Usunięcie skoków, rozwijanie petli, stosowanie rejestrów XMM, YMM (elementy wektoryzowania obliczeń).	4
L2	Treści programowe 2 Mnożenie macierzy przez macierz w trybie sekwencyjnym. Algorytmy naiwne, blokowanie pamięci podręcznej, blokowanie rejestrów, algorytm wykonany w technice Intel MKL.	4
L3	Treści programowe 3 Obliczenie iloczynu skalarnego dwóch wektorów w trybie wielowatkowym. Lokalne dane watku. Dane globalne, rozwiązywanie konfliktów danych w pamięci podręcznej, technika podkładania.	4
L4	Treści programowe 4 Zrównoleglenie algorytmu mnożenia macierzy przez wektor na podstawie OpenMP. Pomiary wydajności i przyspieszenia.	4
L5	Treści programowe 5 Numeryczne obliczenie całki w trybie wielowatkowym.	4
L6	Treści programowe 6 Rozwiązywanie układów równań liniowych algebraicznych z macierza gęstą w trybie wielowatkowym (metoda blokowa bezpośrednia).	2
L7	Treści programowe 7 Formaty skompresowane dla macierzy rzadkich. Algorytmy uporządkowania: ND i MDA.	2
L8	Treści programowe 8 Rozwiązywanie układu równań liniowych algebraicznych z macierzami rzadkimi symetrycznymi. Metody looking left, wielofrontalna.	4
L9	Kolokwium zaliczeniowe.	2

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Narzędzie 1 Wykłady

N2 Narzędzie 2 Cwiczenia laboratoryjne

N3 Narzędzie 3 Konsultacje

N4 Narzędzie 4 Prezentacje multimedialne

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	10
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	20
Opracowanie wyników	10
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	90
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Ocena 1 Odpowiedz ustna

F2 Ocena 2 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Ocena 1 Zaliczenie pisemne

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Zaliczenie wszystkich prac laboratoryjnych.

W2 Napisanie kolokwium zaliczeniowego na pozytywną ocenę.

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna podstawowych pojęć z zakresu oszacowania wydajności algorytmów mnożenia macierzy przez wektor, macierzy przez macierz naiwnego i blokowego (blokowanie pamięci podręcznej), nie ma pojęcia o blokowaniu rejestrów, faktoryzacji macierzy gęstej metodami Gaussa, Choleskiego, blokowej metody Choleskiego.

NA OCENĘ 3.0	Student zna podstawowe pojęcia z zakresu oszacowania wydajności algorytmów mnożenia macierzy przez wektor, macierzy przez macierz naiwnego i blokowego (blokowanie pamięci podręcznej), ma pojęcie o blokowaniu rejestrów, faktoryzacji macierzy gęstej metodami Gaussa, Choleskiego, blokowej metodzie Choleskiego.
NA OCENĘ 3.5	Student zna podstawowe pojęcia z zakresu oszacowania wydajności algorytmów mnożenia macierzy przez wektor, macierzy przez macierz naiwnego i blokowego (blokowanie pamięci podręcznej), blokowania rejestrów, pakowania danych, faktoryzacji macierzy gęstej metodami Gaussa, Choleskiego, blokowa metoda Choleskiego.
NA OCENĘ 4.0	Student zna podstawowe pojęcia z zakresu oszacowania wydajności algorytmów mnożenia macierzy przez wektor, macierzy przez macierz naiwnego i blokowego (blokowanie pamięci podręcznej), użycia rejestrów XMM (technika SSE2, SSE3), blokowania rejestrów XMM, pakowania danych, faktoryzacji macierzy gęstej metodami Gaussa, Choleskiego, blokowa metoda Choleskiego z użyciem rejestrów XMM oraz ich blokowaniem.
NA OCENĘ 4.5	Student zna podstawowe pojęcia z zakresu oszacowania wydajności algorytmów mnożenia macierzy przez wektor, macierzy przez macierz naiwnego i blokowego (blokowanie pamięci podręcznej), użycia rejestrów XMM (technika SSE2, SSE3), blokowania rejestrów, pakowania danych, faktoryzacji macierzy gęstej metodami Gaussa, Choleskiego, blokowa metoda Choleskiego z użyciem rejestrów XMM oraz ich blokowaniem. Umie wyprowadzić oszacowania wydajności dla odpowiednich algorytmów.
NA OCENĘ 5.0	Student zna podstawowe pojęcia z zakresu oszacowania wydajności algorytmów mnożenia macierzy przez wektor, macierzy przez macierz naiwnego i blokowego (blokowanie pamięci podręcznej), użycia rejestrów XMM (technika SSE2, SSE3), blokowania rejestrów, pakowania danych, faktoryzacji macierzy gęstej metodami Gaussa, Choleskiego, blokowa metoda Choleskiego z użyciem rejestrów XMM oraz ich blokowaniem. Umie wyprowadzić oszacowania wydajności dla odpowiednich algorytmów, potrafi przekonująco wytłumaczyć, dlaczego w podanym przypadku trzeba postępować tak, a nie inaczej.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna i nie umie tworzyć prostych zadań wielowatkowych na podstawie bibliotek funkcji wielowatkowych, nie zna i nie umie stosować synchronizacji na podstawie zdarzeń i sygnałów.
NA OCENĘ 3.0	Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowatkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowatkowych, zna i umie stosować synchronizację na podstawie zdarzeń i sygnałów.
NA OCENĘ 3.5	Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowatkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowatkowych, zna i umie stosować synchronizację na podstawie zdarzeń i sygnałów. Student ma podstawową wiedzę o OpenMP.
NA OCENĘ 4.0	Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowatkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowatkowych, zna i umie stosować synchronizację na podstawie zdarzeń i sygnałów, umie sterować wątkami (zawiesić, obudzić, przykleić do procesora fizycznego itd), ma podstawową wiedzę o OpenMP

NA OCENĘ 4.5	Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowatkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowatkowych, zna i umie stosować synchronizację na podstawie zdarzeń i sygnałów, umie sterować wątkami (zawiesić, obudzić, przykleić do procesora fizycznego itd), ma podstawową wiedzę o OpenMP, umie stosować technikę TLS (Thread Local Storage).
NA OCENĘ 5.0	Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowatkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowatkowych, zna i umie stosować synchronizację na podstawie zdarzeń i sygnałów, umie sterować wątkami (zawiesić, obudzić, przykleić do procesora fizycznego itd), ma podstawową wiedzę o OpenMP, umie stosować technikę TLS (Thread Local Storage), projektować algorytmy równoległe, dla których zabezpieczenie zrównowazenia wątków nie jest oczywiste, oraz przekonująco wytłumaczyć swoją decyzję.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna formaty przechowywania macierzy rzadkich symetrycznych, nie wykazuje znajomości z metodami faktoryzacji Choleskiego looking left, looking right i nie zna podstawowych właściwości metod iteracyjnych.
NA OCENĘ 3.0	Student zna formaty przechowywania macierzy rzadkich symetrycznych, wykazuje znajomość z metodami faktoryzacji Choleskiego looking left, looking right i zna podstawowe właściwości metod iteracyjnych.
NA OCENĘ 3.5	Student zna formaty przechowywania macierzy rzadkich symetrycznych, ma podstawowe pojęcia o metodach uporządkowania (Nested Dissection, MDA), wykazuje znajomość z metodami faktoryzacji Choleskiego looking left, looking right oraz z metodą wielofrontalną i zna podstawowe właściwości metod iteracyjnych.
NA OCENĘ 4.0	Student zna formaty przechowywania macierzy rzadkich symetrycznych, zna metody uporządkowania (Nested Dissection, MDA), faktoryzację symboliczną, zna metody faktoryzacji Choleskiego looking left, looking right oraz metodę wielofrontalną, jest w stanie stworzyć drzewo eliminacji i drzewo superwęzłowe, a również zna podstawowe właściwości metod iteracyjnych, ma pojęcia o uwarunkowaniu wstępnym.
NA OCENĘ 4.5	Student zna formaty przechowywania macierzy rzadkich symetrycznych, metody uporządkowania (Nested Dissection, MDA), faktoryzację symboliczną, metody faktoryzacji Choleskiego looking left, looking right oraz metodę wielofrontalną, jest w stanie stworzyć drzewo eliminacji i drzewo superwęzłowe, a również zna podstawowe właściwości metod iteracyjnych, ma pojęcia o uwarunkowaniu wstępnym wielopoziomowym oraz niepełnej faktoryzacji Choleskiego.
NA OCENĘ 5.0	Student zna formaty przechowywania macierzy rzadkich symetrycznych, metody uporządkowania (Nested Dissection, MDA), faktoryzację symboliczną, metody faktoryzacji Choleskiego looking left, looking right oraz metodę wielofrontalną, jest w stanie stworzyć drzewo eliminacji i drzewo superwęzłowe, a również zna podstawowe właściwości metod iteracyjnych, ma pojęcia o uwarunkowaniu wstępnym wielopoziomowym oraz niepełnej faktoryzacji Choleskiego, jest w stanie wyprowadzić warunki zbieżności oraz przekonująco wytłumaczyć, dla czego jest to tak.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	

NA OCENĘ 2.0	Student nie umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, nie umie używać optymalizacji ręcznej oraz optymalizacji na podstawie kompilatora.
NA OCENĘ 3.0	Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacji ręcznej oraz optymalizacji na podstawie kompilatora.
NA OCENĘ 3.5	Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacji ręcznej oraz optymalizacji na podstawie kompilatora, zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami.
NA OCENĘ 4.0	Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacji ręcznej oraz optymalizacji na podstawie kompilatora, używać procedury z bibliotek wysokiej wydajności, tworzyć zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami, stosować techniki TLS, używać blokowania pamięci podręcznej.
NA OCENĘ 4.5	Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacji ręcznej oraz optymalizacji na podstawie kompilatora, używać procedury z bibliotek wysokiej wydajności, tworzyć zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami, stosować techniki TLS, używać blokowania pamięci podręcznej oraz blokowanie rejestrów, umie analizować algorytmy, które stosują rejestry wektorowe, stosować instrukcje SSE2, AVX, FMA.
NA OCENĘ 5.0	Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacji ręcznej oraz optymalizacji na podstawie kompilatora, używać procedury z bibliotek wysokiej wydajności, tworzyć zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami, stosować techniki TLS, używać blokowania pamięci podręcznej oraz blokowanie rejestrów, umie analizować algorytmy, które stosują rejestry wektorowe, stosować instrukcje SSE2, SSE3, używać algorytmów dla macierzy rzadkich oraz metody iteracyjne rozwiązywania układów równań liniowych algebraicznych.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	I2_W01 I2_W02 I2_W03	Cel 1	W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1
EK2	I2_W02 I2_W06 I2_U03	Cel 1	W1 W2 W4 L1 L2 L3 L4 L5	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK3	I2_W02 I2_W05	Cel 1	W1 W2 W3 W4 W5 W6 L6 L7 L8 L9	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1
EK4	I2_U05 I2_U06 I2_U07	Cel 1	W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Demmel J. W. — *Applied Numerical Linear Algebra*, Philadelphia, 1997, SIAM
- [2] | Golub G.H., van Loan C. F. — *Matrix Computations. Third edition*, Miejscowość, 1966, The Johns Hopkins University Press
- [3] | Fialko S. — *The direct methods for solution of the linear equation sets in modern FEM software*, Moscow, 2009, SCAD Soft
- [4] | Fialko S. — *PARFES: A method for solving finite element linear equations on multi-core computers*, Miejscowość, 2010, Advances in Engineering software, v 40, 12, pp. 1256-1265
- [5] | Fialko S. — *Parallel direct solver for solving systems of linear equations resulting from finite element method on multi-core desktops and workstations.*, Miejscowość, 2015, Computers and Mathematics with Applications 70 (2015) 29682987

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Dobrian F., Pothén A. — *Oblio: a sparse direct solver library for serial and parallel computations*, Miejscowość, 2000, Technical Report describing the OBLIO software library.
- [2] | George A., Liu J. W.-H. — *Computer solution of sparse positive definite systems*, New Jersey, 1981, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs.
- [3] | Schenk O., Gartner K. — *Two-level dynamic scheduling in PARDISO: Improved scalability on shared memory multiprocessing systems*, Miejscowość, 2002, Parallel Computing 28, 187-197,

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Sergiy Fialko (kontakt: sfialko@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)