

# 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: niestacjonarne

Kod kierunku: I

Stopień studiów: II

Specjalności: Informatyka stosowana dla licencjatów

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                    |
|-----------------------------------------|------------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Modelowanie zagadnień technicznych |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                                    |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WFMiI I oIIN C3 17/18              |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe              |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 3.00                               |
| SEMESTRY                                | 2                                  |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 2       | 9      | 0         | 18           | 0                                | 0          | 0       |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 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 Podstawowa wiedza z analizy matematycznej, algebry liniowej, matematyki dyskretniej, systemów operacyjnych, metod numerycznych.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Zna zaawansowane metody, techniki i narzędzia informatyczne stosowane do rozwiązywania złożonych problemów informatycznych wynikających w zagadnieniach technicznych.

**EK2 Wiedza** Ma poszerzona wiedzę w zakresie metod matematycznych niezbędną do opisu i analizy zjawisk zachodzących w modelowanej rzeczywistości.

**EK3 Kompetencje społeczne** Umie komunikować z kolegami, potrafi pracować w zespole programistów.

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

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BŁOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                         | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Typowe zadania symulacji komputerowych w zadaniach technicznych. Potokowe przetwarzanie danych. Pobieranie z wyprzedzeniem. Usunięcie skoków w danych i rozwijanie pętli. Konflikty danych w pamięci podręcznej dla architektury SMP.                                                                          | 2                |
| <b>W2</b> | Oszacowanie wydajności dla typowych algorytmów algebry liniowej. Blokowanie pamięci podręcznej. Poziomy BLAS. Blokowanie rejestrów. Wektoryzowanie obliczeń i XMM rejestry. Technologiae SSE2, SSE3. Mnożenie macierzy przez macierz. Techniki Intel MKL. Pakowanie danych i blokowanie rejestrów wektorowych. | 2                |
| <b>W3</b> | LU i LLT faktoryzacji macierzy gęstych symetrycznych, algorytmy Gaussa i Choleskiego dla macierzy symetrycznych. Blokowa faktoryzacja Choleskiego.                                                                                                                                                             | 2                |
| <b>W4</b> | Wielowątkowość, modele oprogramowania wielowątkowego, zrównoleglenie danych, prawo Amdahla, load balance, granularity, równoległe alokowanie pamięci, Thread local Storage (TLS)                                                                                                                               | 1                |
| <b>W5</b> | Macierzy rzadkie symetryczne. Graf przyległości. Formaty skompresowane. Zapełnienia i metody uporządkowania. Faktoryzacja symboliczna. Algorytmy uporządkowania ND i MDA. Algorytmy hybrydowe, METIS.                                                                                                          | 1                |
| <b>W6</b> | Rozwiązanie układów równań liniowych algebraicznych z macierzami rzadkimi za pomocą metod bezpośrednich i iteracyjnych.                                                                                                                                                                                        | 1                |

| LABORATORIUM |                                                                                                                                                                                      |                  |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP           | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                               | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>L1</b>    | Algorytm mnożenia macierzy przez wektor. Usunięcie skoków, rozwijanie pętli, stosowanie rejestrów XMM (elementy wektoryzowania obliczeń).                                            | 2                |
| <b>L2</b>    | Mnożenie macierzy przez macierz w trybie sekwencyjnym. Algorytmy naiwne, blokowanie pamięci podręcznej, blokowanie rejestrów, algorytm wykonany w technice Intel MKL.                | 2                |
| <b>L3</b>    | Obliczenie iloczynu skalarnego dwóch wektorów w trybie wielowatkowym. Lokalne dane wątku. Dane globalne, rozwiązywanie konfliktów danych w pamięci podręcznej, technika podkładania. | 4                |
| <b>L4</b>    | Formaty skompresowane dla macierzy rzadkich. Algorytmy uporządkowania: ND i MDA.                                                                                                     | 4                |
| <b>L5</b>    | Rozwiązywanie układu równań liniowych algebraicznych z macierzami rzadkimi symetrycznymi. Metody looking left, wielofrontalna.                                                       | 4                |
| <b>L6</b>    | Kolokwium zaliczeniowy                                                                                                                                                               | 2                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Konsultacje

**N4** Prezentacje multimedialne

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 27                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 10                                                      |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 5                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 38                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 10                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 0                                                       |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>90</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 3.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Odpowiedź ustna

**F2** Zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych

**F3** Kolokwium zaliczeniowy

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Na podstawie kolokwium zaliczeniowego

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Zaliczenie wszystkich prac laboratoryjnych oraz napisanie kolokwium zaliczeniowego.

### OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

**B1** Inne

### 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, blokową metodą 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, blokową metodą Choleskiego z użyciem rejestrów XMM oraz ich blokowaniem. Zna podstawowe metody uporządkowania macierzy rzadkich.                                                                                                                                                                                                                                             |
| 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, blokową metodą Choleskiego z użyciem rejestrów XMM oraz ich blokowaniem. Umie wyprowadzić oszacowania wydajności dla odpowiednich algorytmów. Zna podstawowe metody uporządkowania macierzy rzadkich oraz formaty skompresowane.                                                                                                                                                 |
| 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, blokową metodą 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. Zna podstawowe metody uporządkowania macierzy rzadkich oraz formaty skompresowane, zna metody faktoryzacji macierzy rzadkich. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zna i nie umie tworzyć prostych zadań wielowątkowych na podstawie bibliotek funkcji wielowątkowych, nie zna i nie umie stosować synchronizacji na podstawie zdarzeń i sygnałów.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| NA OCENĘ 3.0        | Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowątkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowątkowych, zna i umie stosować synchronizację na podstawie zdarzeń i sygnałów.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowątkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowątkowych, zna i umie stosować synchronizacje na podstawie zdarzeń i sygnałów. Student ma podstawową wiedzę o OpenMP.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 4.0        | Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowątkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowątkowych, zna i umie stosować synchronizacje na podstawie zdarzeń i sygnałów, umie sterować wątkami (zawiesić, obudzić, przykleić do procesora fizycznego itd), ma podstawowa wiedzę o OpenMP.                                                                                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | Student zna i umie stworzyć proste zadanie wielowątkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowątkowych, zna i umie stosować synchronizacje 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 wielowątkowe na podstawie bibliotek funkcji wielowątkowych, zna i umie stosować synchronizacje 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 zrównoważenia wątków nie jest oczywiste, oraz przekonująco wytłumaczyć swoją decyzję. |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie umie komunikować z kolegami, nie potrafi pracować w zespole.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| NA OCENĘ 3.0        | Student słabo komunikuje z kolegami przy wykonaniu zadań laboratoryjnych.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| NA OCENĘ 4.0        | Student komunikuje z kolegami przy wykonaniu zadania, jednak zachowuje się jako "wykonawca" poleceń kolegów.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0        | Przy komunikowaniu z kolegami student potrafi być liderem.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, nie umie używać optymalizacje ręczną oraz optymalizacje na podstawie kompilatora.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| NA OCENĘ 3.0        | Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacje ręczną oraz optymalizacje na podstawie kompilatora.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| NA OCENĘ 3.5        | Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacje ręczną oraz optymalizacje 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 optymalizacje ręczną oraz optymalizacje na podstawie kompilatora, używać procedury z bibliotek wysokiej wydajności, tworzyć zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami, stosować technikę TLS, używać blokowanie pamięci podręcznej.                                                                                                                                       |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.5 | Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacje ręczną oraz optymalizacje na podstawie kompilatora, używać procedury z bibliotek wysokiej wydajności, tworzyć zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami, stosować technikę TLS, używać blokowanie pamięci podręcznej oraz blokowanie rejestrów, umie analizować algorytmy, które stosują rejestry wektorowe, stosować instrukcji SSE2, SSE3.                                                                                                                      |
| NA OCENĘ 5.0 | Student umie tworzyć proste zadania obliczeniowe w trybie sekwencyjnym, używając optymalizacje ręczną oraz optymalizacje na podstawie kompilatora, używać procedury z bibliotek wysokiej wydajności, tworzyć zadania równoległe dla algorytmów z oczywistym podziałem danych pomiędzy wątkami, stosować technikę TLS, używać blokowanie pamięci podręcznej oraz blokowanie rejestrów, umie analizować algorytmy, które stosują rejestry wektorowe, stosować instrukcji SSE2, SSE3, używać algorytmy 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<br>I2_W02<br>I2_W05<br>I2_W06                                           | Cel 1           | W1 W2 W3 L1<br>L2 L3                      | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 P1   |
| EK2               | I2_W01<br>I2_W02<br>I2_W05<br>I2_W06                                           | Cel 1           | W1 W2 W3 W4<br>W5 W6 L1 L2<br>L3 L4 L5 L6 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 P1   |
| EK3               | I2_K02                                                                         | Cel 1           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6                      | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 P1   |
| EK4               | I2_U01 I2_U02<br>I2_U05 I2_U06<br>I2_U07 I2_U11                                | Cel 1           | L1 L2 L3 L4 L5<br>L6                      | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 F3 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*, -, 1996, The Johns Hopkins University Press
- [3] | Fialko S. — *Modelowanie zagadnień technicznych*, Kraków, 2011, Politechnika Krakowska
- [4] | Fialko S. — *PARFES: A method for solving finite element linear equations on multi-core computers*, -, 2010, Advances in Engineering software, v 40, 12, pp. 1256-1265

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Dobrian F., Pothén A. — *Oblío: a sparse direct solver library for serial and parallel computations*, -, 2000, Technical Report describing the OBLIO software library.
- [2] | George A., Liu J. W.-H., Esmond Ng. — *Computer solution of sparse linear systems*, -, 1994, Academic, Orlando, 1994 - [heath.web.engr.illinois.edu](http://heath.web.engr.illinois.edu)
- [3] | Schenk O., Gartner K. — *Two-level dynamic scheduling in PARDISO: Improved scalability on shared memory multiprocessing systems*, -, 2002, Parallel Computing 28, 187-197, 2002

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

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

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr. hab. inż. Sergiy Fialko (kontakt: [sfialko@riad.pk.edu.pl](mailto:sfialko@riad.pk.edu.pl))

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....