

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2013/2014

Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Kierunek studiów: Informatyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: I

Stopień studiów: II

Specjalności: Inżynieria obliczeniowa dla licencjatów

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                                |
|-----------------------------------------|--------------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Obliczenia wysokiej wydajności |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM |                                |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WFMiI I oIIS D5 13/14          |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty specjalnościowe     |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 4.00                           |
| SEMESTRY                                | 3                              |

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

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM<br>KOMPUTERO-<br>WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 3       | 30     | 0         | 30           | 0                                | 0          | 0       |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie ze sprzętem do obliczeń wysokiej wydajności i nauczanie podstaw jego użytkowania

**Cel 2** Zapoznanie z technikami programowania dla obliczeń wysokiej wydajności i nauczanie podstaw analizy wydajności i optymalizacji programów sekwencyjnych oraz równoległych

**Cel 3** Zapoznanie z przykładowymi algorytmami obliczeń wysokiej wydajności oraz przedstawienie wybranych zastosowań obliczeń wysokiej wydajności

## 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Znajomość architektur komputerowych, sieci komputerowych, metod numerycznych, środowisk programowania równoległego.
- 2 Umiejętność programowania w języku C
- 3 Umiejętność programowania maszyn z pamięcią wspólną w środowisku OpenMP, maszyn z pamięcią rozproszoną w środowisku MPI oraz akceleratorów w środowisku OpenCL

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Student zna podstawowe pojęcia związane z obliczeniami wysokiej wydajności, tak dotyczące sprzętu, jak i oprogramowania

**EK2 Umiejętności** Student umie mierzyć i analizować wydajność prostych programów

**EK3 Wiedza** Student wie jakie są podstawowe czynniki wpływające na wydajność programów sekwencyjnych i równoległych

**EK4 Umiejętności** Student potrafi optymalizować proste programy sekwencyjne i równoległe

**EK5 Wiedza** Student zna wybrane algorytmy obliczeń wysokiej wydajności oraz przykłady zastosowań obliczeń wysokiej wydajności w praktyce

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| WYKŁAD    |                                                                                                                                                                                                    |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                             | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W1</b> | Historia HPC, komputery macierzowe, wektorowe, masowo równoległe MPP, klastry                                                                                                                      | 2                |
| <b>W2</b> | Wydajność obliczeń sekwencyjnych a architektura procesora i układu pamięci                                                                                                                         | 2                |
| <b>W3</b> | Miary i pomiary wydajności obliczeń sekwencyjnych                                                                                                                                                  | 2                |
| <b>W4</b> | Optymalizacja obliczeń sekwencyjnych techniki, działanie kompilatorów optymalizujących, opcje kompilatorów                                                                                         | 2                |
| <b>W5</b> | Optymalizacja klasycznych obliczeń wielordzeniowych synchronizacja, optymalne wykorzystanie pamięci, afiniczność                                                                                   | 2                |
| <b>W6</b> | Wydajność obliczeń równoległych z przesyłaniem komunikatów - technologie przesyłania komunikatów, topologie sieci połączeniowych, optymalne algorytmy komunikacji grupowej dla wybranych topologii | 2                |
| <b>W7</b> | Miary wydajności obliczeń równoległych przyspieszenie skalowane, funkcja izoefektywności, skalowalność, narzut obliczeń równoległych                                                               | 4                |

| WYKŁAD     |                                                                                                                                                                            |                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W8</b>  | Numeryczna algebra liniowa - iloczyn macierz-wektor dekompozycja macierzy: wierszowa kolumnowa, blokowa, algorytmy dla poszczególnych dekompozycji                         | 2                |
| <b>W9</b>  | Numeryczna algebra liniowa - rozwiązywanie układów równań liniowych metoda Gaussa: organizacja obliczeń, analiza wydajności                                                | 2                |
| <b>W10</b> | Numeryczna algebra liniowa - iteracyjne rozwiązywanie układów równań liniowych metody Jacobiego i Gaussa-Seidla, techniki kolorowania                                      | 2                |
| <b>W11</b> | Numeryczna algebra liniowa - iteracyjne rozwiązywanie układów równań liniowych metody podprzestrzeni Kryłowa, poprawa uwarunkowania macierzy, metoda dekompozycji Schwarza | 2                |
| <b>W12</b> | Aproksymacja równań różniczkowych cząstkowych metody dekompozycji obszaru, podział siatki obliczeniowej                                                                    | 2                |
| <b>W13</b> | Metoda elementów skończonych implementacja wysokiej wydajności                                                                                                             | 2                |
| <b>W14</b> | Wykorzystanie akceleratorów w obliczeniach wysokiej wydajności                                                                                                             | 2                |

| LABORATORIUM |                                                                                                                                                                      |                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP           | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                               | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>L1</b>    | Zapoznanie ze środowiskiem programowania w systemie Linux - pomiary czasu wykonania procedur i funkcji, narzędzia śledzenia charakterystyk wydajnościowych programów | 6                |
| <b>L2</b>    | Testowanie wydajności sprzętu: procesor, pamięć, układ komunikacyjny.                                                                                                | 6                |
| <b>L3</b>    | Optymalizacja procedury całkowania numerycznego w metodzie elementów skończonych w środowisku OpenMP                                                                 | 6                |
| <b>L4</b>    | Optymalizacja równoległego mnożenia macierz wektor w iteracyjnym solverze układów równań liniowych w modelu hybrydowym MPI/OpenMP                                    | 6                |
| <b>L5</b>    | Optymalizacja procedury całkowania numerycznego MES w środowisku OpenCL                                                                                              | 6                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Ćwiczenia laboratoryjne

**N3** Konsultacje

## 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                                                               | 0                                                       |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 0                                                       |
| 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                               | 15                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 20                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 20                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>60</b>                                               |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 4.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Kolokwium

**F2** Ćwiczenie praktyczne

**F3** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Test

**P2** Średnia ważona ocen formujących

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Ostateczna ocena jest średnią ważoną oceny z testu oraz średniej z ocen formujących

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                                                                                                                |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Student uzyskuje poniżej 50% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 1 wydzielonej z testu końcowego |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskuje 50-59% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 1 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskuje 60-69% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 1 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Student uzyskuje 70-79% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 1 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | Student uzyskuje 80-89% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 1 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Student uzyskuje powyżej 89% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 1 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zalicza wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych związanych z efektem kształcenia 2 lub nie oddaje sprawozdań ze wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych lub nie zalicza kolokwii (nie otrzymuje średniej z kolokwii wyższej lub równej 3.0)                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 2, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 3.0-3.2 |
| NA OCENĘ 3.5        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 2, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 3.3-3.7 |
| NA OCENĘ 4.0        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 2, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 3.8-4.2 |
| NA OCENĘ 4.5        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 2, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 4.3-4.6 |
| NA OCENĘ 5.0        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 2, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 4.7-5.0 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Student uzyskuje poniżej 50% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 3 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskuje 50-59% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 3 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskuje 60-69% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 3 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.0        | Student uzyskuje 70-79% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 3 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 4.5        | Student uzyskuje 80-89% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 3 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 5.0        | Student uzyskuje powyżej 89% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 3 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                  |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Student nie zalicza wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych związanych z efektem kształcenia 4 lub nie oddaje sprawozdań ze wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych lub nie zalicza kolokwii (nie otrzymuje średniej z kolokwii wyższej lub równej 3.0)                   |
| NA OCENĘ 3.0        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 4, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 3.0-3.2 |
| NA OCENĘ 3.5        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 4, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 3.3-3.7 |
| NA OCENĘ 4.0        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 4, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 3.8-4.2 |
| NA OCENĘ 4.5        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 4, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 4.3-4.6 |
| NA OCENĘ 5.0        | Student zalicza wszystkie ćwiczenia laboratoryjne związane z efektem kształcenia 4, oddaje wszystkie sprawozdania oraz otrzymuje ocenę średnią z przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych i ze sprawności realizacji ćwiczeń laboratoryjnych w zakresie 4.7-5.0 |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| NA OCENĘ 2.0        | Student uzyskuje poniżej 50% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 5 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                  |
| NA OCENĘ 3.0        | Student uzyskuje 50-59% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 5 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |
| NA OCENĘ 3.5        | Student uzyskuje 60-69% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 5 wydzielonej z testu końcowego                                                                                                                                       |

|              |                                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.0 | Student uzyskuje 70-79% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 5 wydzielonej z testu końcowego      |
| NA OCENĘ 4.5 | Student uzyskuje 80-89% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 5 wydzielonej z testu końcowego      |
| NA OCENĘ 5.0 | Student uzyskuje powyżej 89% maksymalnej liczby punktów z części dotyczącej efektu kształcenia 5 wydzielonej z testu końcowego |

## 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_W02,<br>I2_W03,<br>I2_U07, I2_K01                                           | Cel 1           | W1 W2 W5 W6<br>W14              | N1 N3                 | P1            |
| EK2               | I2_U07, I2_U11                                                                 | Cel 2           | L1 L2 L3                        | N2 N3                 | F1 F2 F3 P2   |
| EK3               | I2_W02,<br>I2_U10                                                              | Cel 2           | W2 W4 W5 W6<br>W7               | N1 N3                 | P1            |
| EK4               | I2_U05,<br>I2_U06,<br>I2_U07, I2_U11                                           | Cel 2           | L3 L4 L5                        | N2 N3                 | F1 F2 F3 P2   |
| EK5               | I2_W02,<br>I2_W06,<br>I2_U05                                                   | Cel 3           | W8 W9 W10<br>W11 W12 W13<br>W14 | N1 N3                 | P1            |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA DODATKOWA

- [1] | L. Ridgeway Scott, Terry Clark, Babak Bagheri, Scientific Parallel Computing, Princeton University Press, 2005
- [2] | Kevin Dowd, Charles Severance, "High Performance Computing", 2nd ed., O'Reilly, 1998
- [3] | R. Wyrzykowski, Klastry komputerów PC i architektury wielordzeniowe. Budowa i wykorzystanie, Exit 2009

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Krzysztof Banaś (kontakt: kbanas@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab. inż. Krzysztof Banaś (kontakt: kbanas@pk.edu.pl)

2 mgr inż. Filip Krużel (kontakt: fkruzel@pk.edu.pl)

## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....  
.....