**Nazwa przedmiotu:**

Programowanie równoległe i rozproszone

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Andrzej Karbowski

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny ograniczonego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Informatyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty kierunkowe

**Kod przedmiotu:**

PRRUZ

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

120 - 30 godzin wykładów, 30 godzin ćwiczeń projektowych, liczonych w mierze tradycyjnej oraz około 60 godzin pracy własnej

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 30h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Matematyka wyższa na poziomie studiów technicznych I stopnia, programowanie strukturalne, systemy operacyjne

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest przedstawienie podstawowych wiadomości na temat prowadzenia obliczeń wektorowych, równoległych i rozproszonych na komputerach wielordzeniowych (wykorzystujących ewentualnie rozszerzenia strumieniowe SSE, AVX, karty graficzne), superkomputerach, a także w klastrach i gridach. W dalszej części wykładu omówione będą przykłady zastosowania obliczeń równoległych do rozwiązywania złożonych zadań analizy numerycznej - klasycznych oraz związanych z Internetem.

**Treści kształcenia:**

1. Zagadnienia podstawowe: klasyfikacja i architektura komputerów równoległych; procesory wielordzeniowe o strukturze symetrycznej i asymetrycznej, dodatkowe jednostki wykonawcze SSE, AVX, Altivec oraz GPU; obliczenia: wektorowe, współbieżne, równoległe, rozproszone, strumieniowe; rodzaje oprogramowania realizującego równoległość, istotne paradygmaty i modele programowania równoległego.
2. Miary efektywności obliczeń równoległych (współczynniki przyśpieszenia oraz wydajności, prawa Amdahla i Gustafsona-Barsisa, sprawność i skalowalność)
3. Zagadnienia synchronizacji i wymiany informacji w obliczeniach równoległych, podstawowe mechanizmy: zamek, semafor, monitor, bariera klasyczna i dwuczęściowa, zmienne warunków, komunikaty (synchroniczne, asynchroniczne, blokujące, nieblokujące, buforowane, itd.).
4. Wektoryzacja obliczeń we współczesnych komputerach opartych na architekturze x86, sposób wykorzystania jednostek wykonawczych SSE, AVX
Podstawowe informacje o obliczeniach ogólnego przeznaczenia wykorzystujących karty graficzne (GPGPU), pojęcia strumienia i jądra; najważniejsze cechy środowisk oprogramowania: CUDA, OpenACC, OpenMP od wersji 4.
5. Elementy programowania na maszynach z pamięcią wspólną, narzędzia: klasyczne narzędzia systemu UNIX, programowania wielowątkowego (wątki POSIX, wątki w językach Java oraz C#), język dyrektyw OpenMP,
6. Elementy programowania na maszynach z pamięcią lokalną oraz w sieciach komputerowych, klastrach i gridach; narzędzia: środowisko MPI, rodzina narzędzi RPC. Sposoby realizacji rozproszonych systemów z pamięcią wspólną: UPC
7. Algorytmy synchroniczne: podstawowe algorytmy algebry liniowej w wersji równoległej, rozwiązywanie układów równań nieliniowych, równoległe metody optymalizacji
8. Algorytmy całkowicie lub częściowo asynchroniczne: założenia, zbieżność, zastosowanie do rozwiązywania dużych układów równań liniowych i nieliniowych, optymalizacji statycznej, routingu, szeregowania linków w wyszukiwarkach, itp.

**Metody oceny:**

Oceny punktowe z dwóch zadań projektowych. Ocena indywidualnego zadania od 0 do 30 punktów. Łączna liczba punktów 60, do zaliczenia wymagane 31 lub więcej punktów. Egzamin obejmujący rozwiązanie zadań rachunkowych oraz odpowiedzi na pytania. Ocena od 0 do 40 punktów. Egzamin uważany jest za zdany po uzyskaniu 21 lub więcej punktów. W razie potrzeby przeprowadzany jest uzupełniający egzamin ustny. Zaliczenie przedmiotu wymaga zaliczenia projektu i zdania egzaminu. Oceny końcowe wystawiane są zgodnie z ogólnie przyjętą skalą, w szczególności ocena 3 (dst) po uzyskaniu 52 do 60 punktów.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Praca zbiorowa pod red. A. Karbowskiego i E. Niewiadomskiej-Szynkiewicz, Programowanie Równoległe i Rozproszone (pozostali autorzy: J. Błaszczyk, M. Kamola, B. Kubica, K. Malinowski, M. Warchoł), Oficyna Wydawnicza PW, 2009.
2. Bertsekas D.P. i Tsitsiklis J.N.,Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods, Athena Scientific, 1997.
3. Zbigniew J. Czech Wprowadzenie do obliczeń równoległych (wydanie II), Wydawnictwo Naukowe PWN, 2013

**Witryna www przedmiotu:**

https://red.okno.pw.edu.pl/witryna/wybor\_przedmiotu.php?sub\_ed=961

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka T2A\_W02, T2A\_W03, T2A\_W05, T2A\_W07:**

Podstawowe informacje o możliwościach zwiększenia efektywności działania programów dzięki wykorzystaniu rozwiązań jakich dostarcza współczesna technologia, których podstawą są procesory wielordzeniowe, ich wektorowe jednostki wykonawcze, sieć oraz akceleratory oparte na kartach graficznych.

Weryfikacja:

Egzamin

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W03, K2\_W04, K2\_W07, K2\_W09, K1\_W01, K2\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG, I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o, I.P7S\_WK

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka T2A\_U01, T2A\_U02, T2A\_U05, T2A\_U08, T2A\_U10, T2A\_U12, T2A\_U15, T2A\_U16, T2A\_U18, :**

Po kursie PRR student nabędzie umiejętności oceny w jakim stopniu można poprawić efektywność (czas działania) aplikacji oraz przy pomocy jakich środków umożliwiających wektoryzację, zrównoleglenie lub rozproszenie obliczeń.

Weryfikacja:

Egzamin i projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U08, K1\_U03, K2\_U09, K2\_U11, K2\_U12, K2\_U01, K2\_U14, K2\_U07, K1\_U02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.3.o, P7U\_U, I.P7S\_UK, III.P7S\_UW.4.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.1.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka T2A\_K04, T2A\_K06:**

Znajomość zależnych od nowoczesnych technologii informacyjnych sposobów zwiększenia efektywności działania firm, instytucji, organizacji, itp.

Weryfikacja:

Opinia współpracowników, przełożonych, klientów.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K01, K2\_K02, K1\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_KO, P7U\_K, I.P7S\_KK, I.P7S\_KR

### Profil praktyczny - wiedza

**Charakterystyka T2P\_W02, T2P\_W03, T2P\_W04, T2P\_W05, T2P\_W06, T2P\_W07:**

Znajomość podstawowych narzędzi, standardów przemysłowych stosowanych na całym świecie, programowania równoległego i rozproszonego, w tym:
a) dla maszyn z pamięcią wspólną - języka dyrektyw zrównoleglających OpenMP, wątków POSIX
b) dla klastrów i gridów oraz maszyn z pamięcią lokalną - standardu MPI (Message Passing Interface)
c) dla środowisk hybrydowych - języka wirtualnej pamięci wspólnej Unified Parallel C

Weryfikacja:

Poprawne, zgodne z oczekiwaniami działanie odnośnych aplikacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - umiejętności

**Charakterystyka T2P\_U01, T2P\_U02, T2P\_U03, T2P\_U04, T2P\_U05, T2P\_U07, T2P\_U08, T2P\_U12, T2A\_U15, T2P\_U16, T2P\_U18, T:**

1. Umiejętność pisania aplikacji równoległych działających na komputerach z pamięcią wspólną, opartych na wątkach
2. Umiejętność pisania aplikacji równoległych działających na komputerach z pamięcią lokalną oraz w sieciach opartych na przesyłaniu komunikatów
3. Umiejętność skorzystania z akceleratorów opartych na kartach graficznych oraz uniwersalnych

Weryfikacja:

Projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil praktyczny - kompetencje społeczne

**Charakterystyka T2P\_K01, T2P\_K04, T2P\_K06:**

Przyczynienie się do usprawnienia działania firm, instytucji, organizacji dzięki poprawie efektywności (przyśpieszeniu obliczeń, reakcji na wprowadzane dane, itp.) wykorzystywanych przez nie programów komputerowych.

Weryfikacja:

Lepsze oceny instytucji, organizacji, wyższe dochody firmy, itp.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:**

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**