



Планування обчислень в паралельних та розподілених комп'ютерних системах

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Другий (магістерський)

Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>123 Комп'ютерна інженерія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерні системи та мережі</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекцій 36 годин Лабораторних 18 годин</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, доцент кафедри обчислювальної техніки Русанова О.В. olga.rusanova.v@gmail.com</i> Лабораторні: <i>к.т.н, доцент кафедри обчислювальної техніки Русанова О.В. olga.rusanova.v@gmail.com</i>
Розміщення курсу	http://ela.kpi.ua/handle/123456789/48215

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- аналізу особливостей конфігурацій операційних систем різних архітектур паралельних комп'ютерних систем (ПКС)
- аналізу методів статичного планування обчислювальних робіт для ПКС із різними архітектурами
- володіти можливостями розробки нових алгоритмів планування обчислень для підвищення реальної продуктивності ПКС

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння курсу мають продемонструвати такі результати навчання:

знання :

- сучасний стан розвитку ПКС
- вплив архітектури ПКС на програмне забезпечення комп'ютерних систем
- основні методи конфігурації операційних систем ПКС з урахуванням їх архітектури
- основні функції операційних систем для ПКС
- методи статичного планування обчислювальних робіт для ПКС із різними

архітектурами та розподілених систем

- основні методи динамічного балансування завантаження

уміння:

- здійснювати оптимальну організацію паралельних процесів по різних критеріях
- розробляти оптимальні алгоритми планування паралельних процесів.
- розробляти і аналізувати паралельні чисельні алгоритми.
- застосовувати прикладне програмне забезпечення для організації обчислень в ПКС та розподілених КС.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліни, що передують: Дискретна математика, Програмування, Програмна інженерія, Системне програмування, Паралельні та розподілені обчислення, Операційні системи, Комп'ютерні системи, Програмне забезпечення комп'ютерних систем.

Дана дисципліна є підготовкою до виконання дисертаційних магістерських робіт.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Планування паралельних процесів.

Тема 1.1. Основні поняття планування паралельних процесів для ПКС різних архітектур

Тема 1.2. Визначення задачі планування з точки зору теорії розкладу.

Тема 1.3. Динамічне планування паралельних процесів.

Тема 1.4. Загальна характеристика методів статичного планування.

Тема 1.5. Формування черги готових робіт для комп'ютерних систем класу MIMD.

Тема 1.6. Призначення обчислювальних робіт по процесорах для комп'ютерних систем класу MIMD із розподіленою пам'яттю.

Тема 1.7. Призначення обчислювальних робіт по процесорах для комп'ютерних систем класу із роздільною пам'яттю та розподілених систем.

Тема 1.8. Особливості планування для однорідних та неоднорідних кластерних систем.

Тема 1.9. Особливості планування обчислень для GRID систем та «хмарних» обчислень.

Тема 1.10. Особливості планування обчислень між CPU та GPU в сучасних розподілених системах.

Тема 1.11. Функція призначення модулів розподілених операційних систем (РОС) по процесорах.

Розділ 2. Паралельні чисельні алгоритми .

Тема 2.1. Задачі над графами.

Тема 2.2. Алгоритми рішень систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Розділ 3. Прикладне програмне забезпечення ПКС.

- Тема 3.1. Визначення оптимальної структури ПКС під задачу користувача.
- Тема 3.2. Інструментальні засоби аналізу ефективності паралельних програм та тестові пакети визначення продуктивності ПКС.
- Тема 3.3. Паралельні реляційні бази даних (ПРБД).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Програмне забезпечення комп'ютерних систем. Частина 2. Навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 123 «Комп'ютерні системи та мережі» / О. Русанова., О.Корочкін – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 112 с. Електронний ресурс. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 26.05.2022 р.) за поданням Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 8 від 18.04.2022 р.)
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/48215>
2. Русанова О.В. Планування обчислень для паралельних та розподілених комп'ютерних систем. Електронний конспект лекцій. [<https://comsys.kpi.ua/>]. Відеолекції на google disk.
3. Корочкін О.В., Русанова О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навч. посібник. [Електронний ресурс] / О.В.Корочкін, Русанова О.В. – Електронні текстові дані (2 файли: 43,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 123 с.
4. Планування обчислень в паралельних та розподілених комп'ютерних системах. Лабораторний практикум» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» / Русанова О.В., Писарчук О.О. – Електронні текстові дані (1 файл: 191 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 24с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 02.09.2022 р.) за поданням Вченої ради ФІОТ (протокол № 11 від 11.07.2022 р.)

Додаткова:

1. Rusanova O., Korochkin A. Scheduling Problems for Parallel and Distributed Systems. – Proceedings of SIGAda'99 Conference; American Computer Machinery, USA, 1999. (Engl).
2. Valerii Demchyk, Vitalii Tyzun, Alexander Korochkin, Olga Rusanova. THE APPLICATION OF WCF TECHNOLOGY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF PARALLEL COMPUTING IN CLOUD DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS // Security, Fault Tolerance, Intelligence: proceedings of the International Conference ICSFTI2020, Kyiv, Ukraine, May 13, June 15, 2020. – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Publishing House “Polytechnica”, 2020. – P.209-215
3. Olga Rusanova, Igor Boyarshin, Anna Doroshenko. ENERGY-AWARE TASK SCHEDULING ALGORITHM FOR MOBILE COMPUTING // Security, Fault Tolerance, Intelligence: proceedings of the International Conference ICSFTI2020, Kyiv, Ukraine, May 13, June 15, 2020. – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Publishing House “Polytechnica”, 2020. – P.107-113
4. Technical Report No. 2006-504 Scheduling Algorithms for Grid Computing: State of the Art and Open Problems. Fangpeng Dong and Selim G. Akl. School of Computing, Queen's University Kingston, Ontario January 2006.

5. Fangpeng Dong. Scheduling algorithms for distributed and parallel computing:state of the art and open problems // Technical report – School of computing, Queen’s university. Kingston, Ontario, 2014. – С. 12 – 19.
6. Chih-Hsueh Yang. Improving Static Task Scheduling in Heterogeneous and Homogeneous Computing Systems // Institute of Information Science, Academia Sinica Department of Computer Science, National Tsing Hua University, 2009.
7. Lutsky G., O. Rusanova Scheduling Problems on the Parallel and Distributed Systems - an Overview,“Computer Systems and Networks: designing, application, utilization”.- Poland, Rzeszow, 2000, tom 1, pp.101-105(Engl).
8. Kamaljit Kaur. Heuristics Based Genetic Algorithm for Scheduling Static Tasks in Homogeneous Parallel System // Department of Computer Science & Engineering, Guru Nanak Dev University, Amritsar- 143001, Punjab, India, 2010. – С. 212.
9. Xiaozhong Geng. A Task Scheduling Algorithm for Multi-CoreCluster Systems //Department of Computer Science & Technology Jilin University, Changchun, China. School of Electrical & Information Technology Changchun Institute of Technology, Changchun, China, 2012 – С. 127.
10. Yanyan Dai. A Synthesized Heuristic Task Scheduling Algorithm // Institute of Information and Communication, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China, 2014. – С. 67
11. Hesham El-Rewini, Ted G.Lewis. Distributed and Parallel Computing.-Manning Publications Co., 2007.-447 p.
12. Rusanova O., A.P.Shevelo List scheduling algorithm modification for MPP Systems.Вісник НТУУ”КПІ”.Сер. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. - 2006. Випуск 45. -С.101 – 111.
13. Русанова О. В. Спосіб планування обчислень для мультитядерних кластерів/ О.В. Русанова// Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. –К.: Век+, -2016. –№ 64. –С. 31-37.
14. Kumar V., A.Grama, A.Gupta, G.Karypis. Introduction to Parallel Computing. Design and Analysis of Algorithms.- Benjamin/Cummings Pub.Co, 2013.-597 p.
15. Паралельні та розподілені обчислення:
<http://www.beowulf.org>
<http://www.topcluster.org>
<http://www.csa.oru>
<http://www.top500.org>
<http://www.OpenMP.org>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семинарські)	Лабораторні (комп’ютерний і практикум)	СРС
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Планування паралельних процесів					

1	2	3	4	5	6
Тема 1.1 Основні поняття планування паралельних процесів для ПКС різних архітектур.	1	1	-		
Тема 1.2 Визначення задачі планування з точки зору теорії розкладу.	1	1	-		
Тема 1.3 Динамічне планування паралельних процесів	6	2			4
Тема 1.4 Загальна характеристика методів статичного планування	4	2			2
Тема 1.5 Формування черги готових робіт для обчислювальних систем класу MIMD.	10	4		4	2
Тема 1.6 Призначення обчислювальних робіт по процесорах для обчислювальних систем класу MIMD із розподіленою пам'яттю.	10	4		2	4
Тема 1.7 Призначення обчислювальних робіт по процесорах для обчислювальних систем класу MIMD із роздільною пам'яттю та розподілених систем.	14	4		4	6
Тема 1.8 Особливості планування для однорідних та неоднорідних кластерних систем.	10	2		2	6
Тема 1.9 Особливості планування обчислень для GRID систем та «хмарних» обчислень.	12	4		2	6
Тема 1.10 Особливості планування обчислень між CPU та GPU в сучасних розподілених системах.	10	4			6
Тема 1.11 Функція призначення модулів розподілених ОС по процесорах. Метод визначення лінійного розрізу потоку в мережі.	2	2			
Разом за розділом 1	80	30	-	14	36
Розділ 2. Паралельні чисельні алгоритми					
Тема 2.1. Задачі над графами.	5	1	-	2	2

1	2	3	4	5	6
<i>Тема 2.2. Алгоритми рішень систем лінійних алгебраїчних рівнянь.</i>	3	1	-	-	2
Разом за розділом 2	8	2	-	2	4
Розділ 3. Прикладне програмне забезпечення ПКС					
<i>Тема 3.1. Визначення оптимальної структури ПКС під задачу користувача.</i>	5	1	-	2	2
<i>Тема 3.2. Інструментальні засоби аналізу ефективності паралельних програм та тестові пакети визначення продуктивності ПКС.</i>	5	1	-		4
<i>Тема 3.3. Паралельні реляційні бази даних (ПРБД).</i>	6	2	-		4
Разом за розділом 3	16	4		2	10
<i>Модульна контрольна робота</i>	2				2
<i>Підготовка до заліку</i>	6				6
<i>Залік</i>	8				8
Всього в семестрі:	120	36	-	18	66

Основні завдання циклу лабораторних занять (комп'ютерного практикуму) - придбання студентами необхідних практичних навиків з дослідженням сукупності алгоритмів планування обчислень для комп'ютерних систем із різною архітектурою. Отримані результати можуть бути використані для підвищення реальної продуктивності паралельних систем за рахунок ефективного планування обчислень.

№ з/п	Назва лабораторної роботи (комп'ютерного практикуму)	Кількість ауд. годин
1	Розробка інтерфейсу програмної моделі. У даній роботі потрібно розробити редактор графа задачі і системи з необхідними перевірками, а також створити меню.	2
2	Програмна реалізація першого варіанту формування черг обчислювальних робіт задачі для заданої ПКС.	2
3	Програмна реалізація другого варіанту формування черг обчислювальних робіт задачі для заданої ПКС.	2
4	Програмна реалізація третього варіанту формування черг обчислювальних робіт задачі для заданої ПКС.	2
5	Розробка генератора графа задачі. Вимагається виконати програмну генерацію випадкового графа завдання (задачі) з наступними вихідними даними: число вершин; діапазон зміни ваги вершин і дуг; зв'язність завдання.	2
6	Реалізація першого алгоритму призначення обчислювальних	2

	робіт по процесорах для комп'ютерної системи заданої архітектури. Результатами даних робіт є модифіковані діаграми Ганта, в яких відображається в часі зайнятість, як процесорів системи, так і каналів при пересиланні необхідних даних.	
7	Реалізація другого алгоритму призначення обчислювальних робіт по процесорах для комп'ютерної системи заданої архітектури. Результатами даних робіт є модифіковані діаграми Ганта, в яких відображається в часі зайнятість, як процесорів системи, так і каналів при пересиланні необхідних даних.	2
8	Порівняльний аналіз отриманих шести алгоритмів планування з точки зору їх ефективності (часу виконання завдання, коефіцієнта прискорення, ефективності використання процесорів). Порівняння необхідно виконувати на множині згенерованих випадкових графів завдань.	4
	Разом:	18

6. Самостійна робота студента/аспіранта

У процесі виконання індивідуальних завдань студенти повинні опрацювати знання, отримані під час лекцій та самостійної роботи, самостійно вивчати визначені теми, поглиблювати свої знання для подальшого навчання. Самостійна робота студентів полягає в наступному:

- підготовці до лекційних занять по вивченню попереднього лекційного матеріалу;
- виконанням лекційних завдань на СРС;
- підготовки до лабораторних робіт з вивченням теорії лабораторного заняття з усною відповіддю на наведені питання розділу;
- виконанням з оформленням на кожне лабораторне заняття протоколу по попередній темі.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Програмні засоби, що забезпечують планування і диспетчеризацію завдань у <i>Grid</i> системах, а саме: <i>Globus Toolkit; Condor; gLite; UNICORE; Sun Grid Engine; Maui/Moab; NorduGrid ARC.</i> [http://www.globus.org http://glite.web.cern.ch/glite]	4
2	Реалізація високорівневого синтезу (<i>High-level Synthesis</i>) структур ПКС та автоматизація процесу оптимізованої реконфігурації ПКС [www.top500.com]	4
3	Аналіз характеристик основних пакетів для визначення продуктивності ПКС: <i>Unpack, Livermore Loops; PERFECT; NASkernel; SLALOM; Gordon Bell Prize.</i> [www.ixbt.com]	4

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час занять з навчальної дисципліни студенти повинні дотримуватись певних дисциплінарних правил:

- 1) забороняється запізнюватись на заняття;
- 2) при вході викладача, на знак привітання, особи, які навчаються в КПІ ім. Ігоря Сікорського повинні встати;
- 3) не допускаються сторонні розмови або інший шум, що заважає проведенню занять;
- 4) виходити з аудиторії під час заняття допускається лише з дозволу викладача.
- 5) не допускається користування мобільними телефонами та іншими технічними засобами без дозволу викладача.

Лабораторні роботи здаються особисто з попередньою перевіркою теоретичних знань, які необхідні для виконання лабораторної роботи. Перевірка практичних результатів включає перевірку коду та виконання тестових завдань.

В процесі навчання викладач має право нарахувати до 3 заохочувальних балів за дострокове виконання лабораторної роботи, за проявлений творчий підхід при виконанні

індивідуального завдання або за активну участь у обговоренні питань, що пов'язані з тематикою лекції або практичного заняття.

За виконання та здачу лабораторної роботи після зазначеного дедлайну, за значну кількість пропущених занять, або за порушення правил поведінки на заняттях викладач може призначити до 3 штрафних балів.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю з навчальної дисципліни «Програмне забезпечення комп'ютерних систем» включають:

Лабораторні роботи

Заплановано самостійне виконання 6 лабораторних робіт.

Теми лабораторних робіт узгоджені у часі та за змістом з темами лекцій

Поточний контроль:

Передбачено 2 поточних тестувань закритими тестами, які повністю охоплюють розглянуту на лекціях тематику навчальної дисципліни. Кожний поточний закритий тест містить 10 питань та триває 10 хв. **Семестровий контроль**

Семестровий закритий тест складається з 20 питань, триває 20 хв. за усіма розділами навчальної дисципліни.

Залік

Проводиться у вигляді співбесіди зі студентом для об'єктивного визначення рівня знань, умінь та практичних навичок, отриманих за семестр

Оскільки кредитний модуль має семестрову атестацію у вигляді заліку, рейтингова система оцінювання побудована за типом PCO – 1. Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за види робіт відповідно до наступної таблиці.

Оцінювання окремих видів навчальної роботи студента

Розділ 1,2,3	
Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Виконання та захист лабораторної роботи № 1	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 2	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 3	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 4	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 5	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 6	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 7	8
Виконання та захист лабораторної роботи № 8	8
Виконання модульної контрольної роботи	36
Всього за семестр	100

Індивідуальний семестровий рейтинг (**RD**) студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1) Виконання модульної контрольної роботи, яка складається з 5 завдань. Вага четвертого завдання складає 20 балів, а всіх інших по 4 бали ($4 \times 4 + 20 = 36$)

2) Виконання лабораторних робіт.

Протягом семестру студенти виконують 8 лабораторних робіт.

Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу: 8.

Бали нараховуються за:

- оформлення протоколу лабораторної роботи 0 – 1 бал,

- виконання змістовного завдання на роботу 0 – 4 балів,
- відповіді на теоретичні запитання викладача 0 – 3 бали.

Разом за лабораторні роботи (максимальна кількість балів) – 64

Розрахунок розміру шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру становить:

$$R = \sum_k r_k, \text{ де } r_k \text{ – максимальний рейтинговий бал кожного з контрольних заходів}$$

(контрольні, лабораторні роботи).

Розмір рейтингової шкали з кредитного модуля становить:

$$R = 36 + 64 = 100 \text{ балів.}$$

У разі несвоєчасної здачі лабораторних робіт студентом без поважної причини нараховуються штрафні санкції у вигляді 3 балів.

Індивідуальний семестровий рейтинг студента (підсумкова семестрова рейтингова оцінка **RD**) є сумою балів, отриманих студентом протягом семестру за участі у передбачених контрольних заходах (контрольні та лабораторні роботи).

Студенти, які виконали всі умови допуску до семестрової атестації з кредитного модуля та мають рейтингову оцінку не менше 60 балів, отримують відповідну позитивну оцінку без додаткових випробувань.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з кредитного модуля менше 60 балів, зобов'язані здати усний залік у вигляді співбесіди з викладачем.

Необхідною умовою допуску студента до заліку є його індивідуальний семестровий рейтинг (**RD**) не менший, ніж 30% від R, тобто 30 балів, здані 4 лабораторні роботи та наявність однієї позитивної атестації в семестрі. При невиконанні хоча б однієї зі згаданих умов студент до заліку не допускається.

Сума підсумкової семестрової (**RD**) та залікової рейтингових оцінок у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS

Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Методика вивчення дисципліни потребує глибокого розуміння особливостей архітектури сучасних ПКС. Слід приділити увагу розуміння впливу структурних організацій на особливості організації обчислень для різних ПКС. Необхідно також

приділити особливу увагу на вивчення методів і засобів планування обчислень, які забезпечують підвищення реальної продуктивності ПКС.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри обчислювальної техніки, к.т.н , Русановою О.В.

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 10 від 25.05.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 09.06.2022)