



РОЗПОДІЛЕНІ І ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>11 Математика та статистика</i>
Спеціальність	<i>113 Прикладна математика</i>
Освітня програма	<i>Наука про дані та математичне моделювання</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня) /дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>54 годин (2 кредити)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекції – 1 раз на тиждень (11 лекцій) Практичні – 1 раз на 2 тижні (6 занять)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: канд. техн. наук, старший викладач, Ліскін Вячеслав Олегович, v.liskin@kpi.ua Практичні: канд. техн. наук, старший викладач, Ліскін Вячеслав Олегович, v.liskin@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=3239</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Розподілені і хмарні обчислення» є невід'ємною частиною циклу комп'ютерних дисциплін, необхідних фахівцям-аналітикам які, використовуючи сучасні комп'ютерні і телекомунікаційні технології, проводять збір, накопичення, обробку і аналіз даних. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології передбачають використання технологій віртуалізації технологій серверних систем, комунікаційних засобів для розподілених обчислень та розроблення програмно апаратних рішень центрів обробки даних. Для управління неоднорідними обчислювальними ресурсами у віддаленому режимі потрібні програмні рішення для впровадження систем віртуалізації, а також віддалених сервісних функцій, що загалом створює можливості для організації та застосування технологій хмарних обчислень.

Метою навчальної дисципліни «Розподілені і хмарні обчислення» є формування компетентностей щодо теоретичних знань і придбання практичних умінь і навичок з питань використання технологій розподілених обчислень, віртуалізації серверних систем, проектування корпоративних обчислювальних систем та застосування кластерних розподілених обчислювальних систем для проведення обчислень. Формування у студентів знань у галузі технологій управління ресурсами віддалених розподілених систем, розуміння перспектив розвитку глобальної інфраструктури, що інтегрує світові комп'ютерні ресурси для реалізації великомасштабних інформаційно-обчислювальних проектів. Формування у студентів здатності самостійного вивчення тем дисципліни і вирішення типових завдань при використанні хмарних технологій, навичок роботи з використання і застосування інструментарію щодо програмування розподілених додатків.

Предмет навчальної дисципліни – принципи та стандарти функціонування технологій та розробка рішень на базі хмарних обчислень.

Об'єктом навчальної дисципліни є процеси, розподілених обчислень.

Вивчення дисципліни дозволяє студентам оволодіти знаннями та навичками з аналізу, моделювання, оптимізації, узагальнення та розповсюдження інформації засобами сучасних інформаційних технологій, з метою адаптації та використання сучасних програмних засобів обробки інформації.

Завдання – формування у студентів компетенції з використання стандартів та технологій залучення та застосування розподілених комп'ютерних ресурсів. Студенти мають отримати компетентності щодо вибору архітектури та побудови приватних та гібридних систем хмарних обчислень, встановлення та конфігурування спеціального програмного забезпечення для роботи у середовищі хмарних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- серверні технології створення веб-застосунків; принципи функціонування та технології віртуалізації серверних систем, архітектури та стандарти комунікаційних засобів розподілених обчислень, особливості програмно- апаратних рішень сучасних центрів обробки даних;
- особливості роботи розподілених обчислювальних систем, принципи побудови кластерних рішень для високопродуктивних обчислень, технології побудови мереж для комп'ютерних ресурсів;
- термінологію та класифікацію хмарних обчислень на рівні систем та технологій IaaS, PaaS та SaaS, особливості та характерні ознаки звичайного хостингу веб- ресурсів, оренди віртуальних приватних машин та систем хмарних обчислень;
- сучасний стан розвитку технологій хмарних обчислень, засоби моніторингу та управління розподіленими комп'ютерними ресурсами;
- основні сценарії застосування технологій хмарних обчислень, особливості розробки програмного забезпечення для роботи у складі розподілених обчислювальних систем та комплексів;

вміти:

- аналізувати та обирати оптимальні рішення щодо залучення засобів Грід-систем та технологій хмарних обчислень у напрямку їх застосування для створення єдиного обчислювального середовища;
- розв'язувати проблеми масштабованості, проектування та експлуатації розподілених інформаційних систем, продуктів, сервісів інформаційних технологій;
- застосовувати базові знання стандартів в області інформаційних технологій під час розробки та впровадження розподілених обчислювальних систем на базі хмарних технологій та сервісів;
- проектувати компоненти програмного забезпечення для роботи в якості сервісів у складі розподілених обчислювальних систем та комплексів й хмарних обчислень.

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

Для успішного засвоєння дисципліни необхідно мати високий рівень з дисциплін «Основи об'єктно-орієнтованого програмування», «Архітектура обчислювальних систем», «Алгоритми та структури даних».

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Тема 1.1 Поняття розподілених обчислень та розподілених систем

Тема 1.2. Цілі побудови розподілених систем. Вимоги до розподілених систем

Тема 1.3. Взаємодія в розподілених системах

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

- Тема 2.1 Модель розподіленої системи
- Тема 2.2. Архітектура розподілених систем
- Тема 2.3. Технологія OpenMP та MPI
- Тема 2.4. Оцінка ефективності розподілених систем

РОЗДІЛ 3. ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ

- Тема 3.1 Хмарні технології. Загальні відомості
- Тема 3.2. Архітектури хмарних додатків
- Тема 3.3 Моделі хмарних інфраструктур

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові джерела

- Петренко А.І. Практикум з ґрід-технологій : навчальний посібник / Петренко А.І., Свістунів С.Я., Кисельов Г.Д. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 580 с.
- Дейтел П., Дейтел Х. Python: Искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. — СПб.: Питер, 2020. — 864 с.
- Big Data, Cloud Computing, and Data Science Engineering. Studies in Computational Intelligence. Vol. 844. - Springer, 2020. – 214 с.
- Облачные технологии. Теория и практика. Монахов Д.Н., Монахов Н.В., Прончев Г.Б., Кузьменков Д.А. — М.: МАКС Пресс, 2013. — 128 с. — ISBN 978-5-317-04400-8
- Сенько А. Работа с BigData в облаках. Обработка и хранение данных с примерами из Microsoft Azure и AWS. — СПб.: Питер, 2019. — 448 с.: ил. — (Серия «Для профессионалов»).

Додаткові джерела

- John L. Hennessy, David A. Patterson. Computer Architecture: A Quantitative Approach, 5 ed., Morgan Kaufmann, 2011
- Randal E. Bryant, David R. O'Hallaron. Computer Systems: A Programmer's Perspective. - Addison-Wesley, 2010
- Жерар Тель. Введение в распределенные алгоритмы. - М.: МЦНМО, 2009.
- Эндрю Таненбаум, М. ван Стеен. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. - СПб.: Питер, 2003.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

РОЗДІЛ 1. РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ	
Лекція 1	Поняття розподілених обчислень та розподілених систем
Лекція 2	Цілі побудови розподілених систем. Вимоги до розподілених систем
Лекція 3	Взаємодія в розподілених системах
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЕНЬ	
Лекція 4	Модель розподіленої системи
Лекція 5	Архітектура розподілених систем
Лекція 6	Технологія OpenMP та MPI
Лекція 7	Оцінка ефективності розподілених систем
РОЗДІЛ 3. ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ	
Лекція 8	Хмарні технології. Загальні відомості
Лекція 9	Архітектури хмарних додатків
Лекція 10	Моделі хмарних інфраструктур
ЗАЛІК	
Лекція 11	Залік

6. Самостійна робота студента

Підготовка до лекційних занять, лабораторних занять.

До самостійного опрацювання виносяться:

- підготовка до аудиторних та лабораторних занять — до 2 годин на тиждень;
- підготовка до контрольних робіт та заліку — до 10 годин за семестр.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування

Відвідування лекцій необов'язкове, але ми заохочуємо студентів не пропускати лекційні заняття через можливість ставити уточнюючі питання та брати участь у живому обговоренні.

Відвідування практичних занять обов'язкове. Практичні заняття пропущені з поважних причин можуть бути замінені на виконання додаткових завдань за погодженням із викладачем.

*Пропущені контрольні роботи перездавати **не можна**.*

Оцінювання

Оцінювання контрольних та лабораторних робіт відбувається з точністю до десятих, округлення за звичними правилами.

Дедлайни

Лабораторні роботи мають бути здані в рамках відповідного заняття. Іноді, викладач, відповідальний за заняття, буде продовжувати цей термін — зазвичай до кінця календарного дня (тижня), у який (на якому) проводиться заняття.

Додаткові бали

Активність на лекціях та лабораторних заняттях — відповіді на запитання викладача, знаходження помилок у лекційних чи практичних матеріалах; питання, що свідчать про вдумливу роботу з навчальним матеріалом, надання оригінальних рішень практичних завдань чи домашніх практичних робіт тощо — заохочується додатковими балами на розсуд викладача.

Крім того, заохочується додатковими балами підтверджене сертифікатами проходження курсів (онлайн чи офлайн), що стосуються тем дисципліни.

Протягом курсу можна отримати не більше 10 додаткових балів.

Академічна доброчесність

Ми підтримуємо принципи академічної доброчесності і рівності всіх студентів. У випадку виявлення випадків списування (у контрольних, практичних, домашніх роботах) чи плагіату — бали за відповідні роботи будуть анульовані. Повторні порушення принципів академічної доброчесності можуть призвести до недопуску до складання заліку.

Викладачі можуть перевіряти роботи, виконані у рамках курсу, за допомогою систем виявлення плагіату Unicheck та MOSS.

Якщо не зазначено іншого, усі контрольні заходи проводяться у форматі «відкритої книги». Це означає, що ви маєте право користуватися будь-якими ресурсами, окрім допомоги сторонніх осіб. Ми довіряємо нашим студентам і покладаємо надію на те, що вони не порушать цю довіру.

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

Поточний контроль:

- Модульні контрольні роботи:

- 2 теоретичні контрольні роботи x 14 балів = 28 балів

Теоретичні контрольні роботи проводяться на початку чи в кінці лекцій. На виконання кожної теоретичної контрольної роботи виділяється до 30 хвилин. Вас буде заздалегідь попереджено про проведення контрольної роботи.

- **Виконання лабораторних робіт:**

6 лабораторних х робіт 12 балів = 72 бали

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Календарний контроль проводиться за результатами практичних занять, проведених на момент початку контролю.

Семестровий контроль: залік.

Залікова оцінка виставляється на основі семестрового рейтингу, або — за бажанням студента чи при семестровому рейтингу менше 60 балів — за результатами написання залікової контрольної роботи.

Залікова контрольна робота складається із 4 теоретичних та 1 практичного питання, кожне питання оцінюється у 20 балів.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний рейтинг не нижче 25 балів та виконання домашньої контрольної роботи.

Таблиця відповідності 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)

- *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток А до силабусу).*
- *Положення про РСО (додаток В до силабусу).*
- *Дистанційні онлайн заняття проводяться за допомогою Zoom за запрошеннями, які публікуються в кафедральній платформі Slack та дублюються на надані студентами адреси електронної пошти.*
- *У випадку проведення курсу дистанційно, результати контролю (контрольні та залікові роботи) мають бути виконані в цифровому вигляді: як файли у форматі *.pdf або *.docx, або за неможливості — у вигляді розбірливих фото. Усі такі матеріали мають бути завантажені на указаний викладачем ресурс у терміни відведені під відповідний тип контролю. Ми надаватимемо буферні 5 хвилин на випадок форс-мажорних подій. У окремих випадках, залікова контрольна може бути проведена у формі співбесіди.*
- *Офіційні звернення до викладача розглядаються через кафедральну платформу Slack або електронну адресу v.liskin@kpi.ua.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склад ст. викладач кафедри прикладної математики, канд. техн. наук, Ліскін Вячеслав Олегович

Ухвалено кафедрою прикладної математики (протокол № 12 від 02.06.2021)

Погоджено Методичною комісією факультету прикладної математики (протокол № 7 від 24.06.2021)

Додаток А до силябусу

1. Розподілені системи. Визначення і задачі розподілених систем.
2. Основні характеристики розподілених систем.
3. Проблеми проектування розподілених систем.
4. Цілі побудови розподілених систем.
5. Кластерні системи.
6. Наведіть приклад програмного забезпечення, на якому будують обчислення в розподілених системах.
7. Визначення та завдання GRID-обчислень.
8. Парадигми паралельного програмування.
9. Критичні секції. Семафори. Монітори.
10. Бар'єрна синхронізація.
11. Віддалений виклик процедур.
12. Моделі взаємодії процесів.
13. Навести приклад паралельного розбиття алгоритму множення матриці на вектор.
14. Навести приклад паралельного розбиття алгоритму множення матриці на матрицю.
15. Використання паралелізму при розв'язуванні диференціальних рівнянь.
16. Дайте визначення поняттю паралельних обчислень.
17. Дайте визначення поняттю розподілених обчислень.
18. Рівні паралелізму.
19. Основні принципи паралелізму.
20. Методи оцінки продуктивності паралельних систем.
21. Характеристики продуктивності паралельних алгоритмів.
22. Стандарти та бібліотеки для паралелізації програм.
23. OpenMP. Наведіть приклад розпаралелювання алгоритму за допомогою OpenMP (свій).
24. Описати ключові компоненти OpenMP.
25. Варіанти поділу доступу даних між робочими потоками в OpenMP.
26. Забезпечення синхронізації доступу до спільних даних в OpenMP.
27. Засоби в OpenMP для визначення блоків коду, які виконуються паралельно.
28. Чи є метод Гауса придатним для ефективного розпаралелювання обчислень? Чому?
29. Чи є використання `omp_get_thread_num` та `omp_get_num_threads` доцільним для ручного розпаралелювання? Чому?
30. Які варіанти поділу ітерацій між потоками можливі в OpenMP?
31. Як вкладені цикли в OpenMP можуть бути об'єднані?
32. Наведіть типові помилки при програмуванні з використанням OpenMP.
33. Наведіть приклади алгоритмів, розпаралелювання яких не пришвидшує отримання результату. Поясніть причини.
34. Наведіть приклади алгоритмів, розпаралелювання яких значно пришвидшує отримання результату. Поясніть причини.
35. Оптимізація коду для максимізації попадання в кеш процесора.
36. Наведіть приклади методів забезпечення паралелізму на рівні команд.
37. Наведіть приклади засобів паралельного програмування, які наявні в сучасних мовах програмування.
38. В чому полягає різниця між асинхронністю та паралелізмом?
39. Недоліки та переваги розподілених систем.
40. Проблеми при проектуванні розподілених систем.
41. Які парадигми паралельного програмування ви знаєте?
42. Опишіть основні принципи паралелізму.
43. Назвіть основні методи оцінки продуктивності паралельних систем.
44. Основні характеристики продуктивності паралельних алгоритмів.
45. Опишіть основні рівні паралелізму.
46. Визначення та завдання кластерних систем.
47. Опишіть основні характеристики розподілених систем.
48. Наведіть основні відмінності асинхронності від паралелізму.

49. Як можна визначити час виконання блока коду в OpenMP?
50. Наведіть приклади стандартів та бібліотек для паралелізації програм.
51. Приклади методів забезпечення паралелізму на рівні команд.
52. Наведіть приклади типових помилок при використанні OpenMP.
53. Як можна об'єднати вкладені цикли в OpenMP?
54. Приклади засобів паралельного програмування, які наявні в сучасних мовах програмування.
55. Основні моделі взаємодії процесів.
56. Опишіть основні компоненти OpenMP.
57. Опишіть засоби OpenMP для визначення блоків коду, що виконуються паралельно.
58. Які варіанти поділу доступу даних між робочими потоками в OpenMP ви знаєте?
59. У чому полягає різниця між паралельними та розподіленими обчисленнями?
60. Визначення, переваги та недоліки чистого паралелізму, як способу паралельної обробки.
61. Комунікаційна трудомісткість паралельних обчислень.
62. Класифікація GRID-систем.
63. Багатозадачність. Багатопотоковість. Паралелізм.

Додаток В до syllabusу

ПОЛОЖЕННЯ про рейтингову систему оцінки успішності студентів

з кредитного модуля (дисципліни) Розподілені і хмарні обчислення
(код та назва)

для спеціальності: 113 «Прикладна математика» факультету прикладної математики.
(шифр та назва)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи		
	кредити	акад. год.	Лекц.	Лаб	СРС	КР	РГР	Семестр. атест.
4	2	54	22	12	20	2	0	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує:

- 1) за роботу (активність) на лабораторних заняттях;
- 2) аудиторні (онлайн) контрольні заходи:
 - за дві теоретичні контрольні роботи (тривалістю по одній академічній годині кожна);
- 3) як заохочувальні за виконання творчих чи оригінальних робіт з дисципліни.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота (активність) на лабораторних заняттях

Максимальна кількість балів за роботу (активність) на лабораторних заняттях дорівнює
 $6 \text{ лабораторних занять} \times 12 \text{ балів} = \mathbf{72 \text{ бали}}$.

2. Контрольні роботи

Ваговий бал – 14 балів за кожну теоретичну контрольну роботу.

Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює:

$$14 \text{ балів} \times 2 = \mathbf{28 \text{ балів}}$$

Під час відповіді на питання теоретичної контрольної роботи максимальну кількість балів студент отримує у випадку, якщо він надав повні та правильні відповіді на всі запитання або припустився незначних похибок, які не вплинули на саму відповідь.

Нуль балів студент отримує у випадку, коли відповідь на запитання взагалі не була надана або містить грубі помилки.

Якщо відповідь частково правильна, то студент за неї отримує, як правило, кількість балів, вдвічі меншу за максимально можливу за відповідне запитання.

3. Заохочувальні бали за:

- виступ на лекції (за попередньою домовленістю з лектором) із доповіддю по матеріалам навчального курсу (або близьким до них) чи з доповіддю про особисто отримані наукові результати з архітектури обчислювальних систем або його застосувань надається до 5-х заохочувальних балів;
- активність на лекціях, тобто за
 - відповіді на запитання лектора до загальної аудиторії,
 - знаходження описок/помилки у лекціях,
 - задавання «правильних запитань», тобто запитань, які свідчать про вдумливу роботу студента з навчальним матеріаломнараховується загалом до 10 заохочувальних балів.

4. Відповідь на заліку

Ваговий бал – **100 балів**.

На заліку студент отримує білет з чотирма теоретичними та одним практичними завданнями, за відповіді на кожне з яких нараховується максимум 20 балів. На вказані завдання студент надає

письмову відповідь. Для встановлення степені знання студентом матеріалу дисципліни після перевірки письмової відповіді викладач додатково задає студенту одне чи декілька нових запитань – на уточнення наданої відповіді або, взагалі, на іншу тему з матеріалу, що перевіряється.

За відповідь на кожне запитання білету (та на сукупність додаткових запитань) студент отримує:

- 17-20 балів, якщо він надав повну та правильну відповідь або припустився незначних похибок, які істотно не вплинули на саму відповідь,
- 10-16 балів, якщо відповідь правильна лише частково або не є повною (наприклад, наведена лише схема необхідного доведення теореми або під час розв’язання прикладу не перевірена можливість застосування відповідного методу),
- 5-9 бали, якщо відповідь частково правильна, але містить значні прогалини (наприклад, відсутнє необхідне доведення теореми чи під час розв’язання прикладу враховані не всі можливі випадки),
- 0-4 бали, якщо відповідь на запитання взагалі не була надана або містить грубі помилки.

Викладач має право заохотити студента певною кількістю балів (максимально — 10 балів) за надання оригінального рішення чи відповіді на заліку.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 18 + 72 = 100 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_C = 100$ балів.

Сумарна кількість заохочувальних балів (r_s) за роботу студента з дисципліни під час семестру (див. п. 1 та п. 6) не повинна перевищувати $0,1 \times R_C$, тобто $0,1 \times 100$ балів = 10 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування домашньої контрольної роботи та написання двох контрольних заходів.

Для отримання студентом відповідних оцінок його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно з такою таблицею:

Межі переведення рейтингових оцінок	$R_D = r_C + r_s + r_E$	Оцінка
$R_D \geq 0,95R$	≥ 95	відмінно
$0,85R \leq R_D < 0,95R$	85 .. 94,5	дуже добре
$0,75R \leq R_D < 0,85R$	75 .. 84,5	добре
$0,65R \leq R_D < 0,75R$	65 .. 74,5	задовільно
$0,6R \leq R_D < 0,65R$	60 .. 64,5	достатньо
$R_D < 0,6R$	< 60	незадовільно
$r_C < 0,4R_C$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	$r_C < 20$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	не допущено

Склав: _____ ст. викл. Ліскін В. О.

Затверджено на засіданні
кафедри прикладної математики
30.08.2021 р., протокол № 1