



ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Другий (магістр)

Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Комп'ютерна інженерія
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів (150 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	Лекцій 36 годин Лабораторні 18 годин Самостійна робота 96 годин
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н, професор, Луцький Георгій Михайлович, georgijluckij80@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доцент, Русанова Ольга Вениаміновна., olga.rusanova.v@gmail.com
Розміщення курсу	http://comsys.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна “Дослідження і проектування комп'ютерних систем” спрямована на вивчення і дослідження сучасних підходів, методів і механізмів суттєвого підвищення продуктивності комп'ютерних систем та проектування масштабованих комп'ютерних систем з високою і надвисокою продуктивністю, тобто таких систем, в яких можливість збільшення кількості комп'ютерних (процесорних) вузлів при збереженні топологічних особливостей систем практично необмежена.

Вивчення даної дисципліни майбутніми магістрами дозволить їм набути важливих компетенцій в плані розвитку існуючих і використанню нових підходів і методів до проектування високопродуктивних та надвисокопродуктивних комп'ютерних систем, а також освоїти нові технології побудови та використання масштабованих комп'ютерних систем.

Метою вивчення дисципліни “Дослідження і проектування комп'ютерних систем” є підготовка фахівців, здатних розв'язувати комплексні проблеми в галузі дослідницько-інноваційної та практичної діяльності у сфері побудови та використанні нових

ефективних масштабованих відмовостійких паралельних комп'ютерних систем з високою і надвисокою продуктивністю.

Предметом дисципліни є:

дослідження сучасних підходів, методів і механізмів побудови ефективних високопродуктивних та надвисокопродуктивних комп'ютерних систем і проектування масштабованих комп'ютерних систем;

реалізація масового розпаралелювання;

розробка ефективних топологічних організацій масштабованих систем,

методи і алгоритми обміну інформацією між комп'ютерами (процесорами) та

способи їх паралельної реалізації на рівні повідомлень, пакетів, флітів;

способи побудови відмовостійких комп'ютерних систем;

організації контролю і діагностики комп'ютерних систем;

оцінки техніко-економічних показників комп'ютерних систем;

Основні результати навчання за ОНП

Здобувачі наукового ступеня магістра після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **компетентності**.

1. *Загальні і фахові компетентності* (ЗК3, ЗК5, ФК1, ФК3, ФК4, ФК5, ФК6, ФК7, ФК8, ФК10, ФК11)

2. *Програмні результати*: (ПРН1, ПРН3, ПРН4, ПРН6, ПРН7, ПРН8, ПРН11, ПРН14, ПРН15)

За результатами вивчення навчальної дисципліни “Дослідження і проектування комп'ютерних систем” мають бути отримані такі **знання**.

1. Мати передові концептуальні та методологічні знання у сфері побудови нових ефективних високопродуктивних та надвисокопродуктивних комп'ютерних систем.

2. Знання тенденцій розвитку паралельної обробки інформації.

3. Знання актуальних проблем побудови паралельних комп'ютерних систем масового розпаралелювання на основі мультикомп'ютерних систем, кластерних систем, систем NUMA, GRID – систем, Cloud – систем, основних термінів та визначень.

4. Знання топологічних і метричних характеристик паралельних комп'ютерних систем і методів їх аналізу.

5. Знання моделей, особливостей, переваг і недоліків безпосередньо зв'язаних і комутованих мереж вузлів..

6. Знання принципів і механізмів побудови масштабованих систем.

7. Знання методів організації передач інформації у безпосередньо зв'язаних системах і алгоритмів їх реалізації.

8. Знання способів побудови відмовостійких топологічних організацій і відмовостійких алгоритмів .

9. Знання методів організації передач інформації у комутованих системах, способів підвищення ефективності передач та вирішення проблем передач при їх блокуванні.

10. Знання методів дослідження систем, проведення порівняльного аналізу.

11. Знання методів організації контролю і діагностики відмов у масштабованих системах, пошуку оптимальних рішень.

12. Знання методів відновлювання працездатності масштабованих систем.

Уміння, які мають бути отримані у рамках вивчення навчальної дисципліни “Дослідження і проектування комп'ютерних систем”

1. Вміти ефективно здійснювати пошук та критичний аналіз ефективної топологічної організації високопродуктивних комп'ютерних систем .

2. Уміння користуватися сучасним математичним апаратом для розв'язання інженерних і наукових завдань, які виникають при розробці і дослідженні засобів паралельної обробки інформації.
3. Уміння синтезувати оптимальні топологічні організації, вирішувати проблеми відображення задач в системі.
4. Уміння розробляти алгоритми маршрутизації у різних режимах.
5. Уміння розробляти інтерфейси між елементами комп'ютерних систем.
6. Уміння використовувати надлишкові елементи для підвищення рівня відмовостійкості.
7. Уміння розробляти відмовостійкі алгоритми маршрутизації.
8. Навички використання сучасних засобів автоматизації проектування в галузі комп'ютерної інженерії.
9. Уміння проводити розрахунки, необхідні при проектуванні і використанні масштабованих систем.

Здобувачі наукового ступеня також мають бути **здатні**.

1. Застосовувати прикладні бібліотеки та програмні системи, які використовуються при розпаралелюванні обчислювальних процесів.
2. Володіти методами та технологіями програмування з використанням прикладних бібліотек та програмних систем, призначених для розпаралелюванні обчислювальних процесів.
3. Мати досвід моделювання масштабованих комп'ютерних систем.
4. Мати досвід проектування окремих елементів систем на ПЛІС.
5. Мати досвід оцінювання ефективної продуктивності масштабованих комп'ютерних систем

Таке поєднання загальних та спеціальних компетентностей, теоретичних та практичних знань, умінь та здатностей сприяє підвищенню науково-практичного рівня здобувачів наукового ступеня магістра задля здійснення ними ефективних наукових досліджень та виконання реальних практичних робіт.

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

Для успішного оволодіння дисципліною необхідні знання:

- основ математичного аналізу, теорії графів, теорії функцій та математичної статистики;
- основ паралелізму та побудови паралельних систем;
- основ функціонування операційних систем;
- основ паралельного програмування.

Відповідно до освітньої програми необхідно попередньо оволодіти знаннями з дисциплін: “Програмування”, “Архітектура комп'ютерних систем”, “Ком'ютерні системи”, “Структури даних та алгоритми”, “Алгоритми та методи обчислень”, “Дискретна математика”.

Компетентності, знання та вміння, отримані в рамках вивчення даної дисципліни, можуть бути застосовані для отримання обґрунтованих результатів досліджень при виконанні відповідних робіт магістерського рівня та підвищення кваліфікаційного рівня магістрів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ .

Тема 1.1. Основні поняття та визначення.

Тема 1.2. Складність алгоритмів та її значення для ефективного вирішення прикладних задач.

Тема 1.3. Методи варіювання зерністостю розпаралелювання.

Тема 1.4. Поняття паралельної комп'ютерної системи та накладні витрати паралельної обробки інформації.

Розділ 2. Метрика масштабованих систем.

Тема 2.1. Метричні характеристики масштабованих систем.

Тема 2.2. Ізоефективні масштабовані системи.

Тема 2.3. Відображення задач на топологічну організацію комп'ютерних систем.

Тема 2.4. Відображення базових топологічних організацій у гіперкуб.

Розділ 3. Синтез топологічних організацій.

Тема 3.1. Основні положення.

Тема 3.2. Синтез топологічних організацій на основі латинського квадрату.

Тема 3.3. Синтез топологічних організацій на основі кодових перетворень.

Тема 3.4. Спеціальні методи синтезу топологічних організацій.

Розділ 4. Методи і алгоритми маршрутизації у безпосередньо-пов'язаних системах.

Тема 4.1. Модель безпосередньо-пов'язаних систем.

Тема 4.2. Послідовна, конвеєрна і паралельна маршрутизація.

Тема 4.3. Процедура ініціалізації маршрутизації.

Тема 4.4. Способи і алгоритми послідовної, конвеєрної та паралельної маршрутизації в режимах: ONE-TO-ONE, ONE-TO-ALL, ALL-TO-ONE, ALL-TO-ALL, ONE-TO-ALL з персональним призначенням, ALL-TO-ALL з персональним призначенням, зсувні алгоритми, паралельні алгоритми.

Тема 4.5. Методи маршрутизації.

Розділ 5. Комутовані системи передачі інформації.

Тема 5.1. Модель комутованих систем.

Тема 5.2. Синхронні та асинхронні методи передачі інформації.

Тема 5.3. Комутація каналів.

Тема 5.4. Комутація пакетів.

Тема 5.5. Черв'ячна передача.

Тема 5.6. Віртуальні канали.

Тема 5.7. Метод божевільного листоноші.

Тема 5.8. Гібридні методи комутації.

Тема 5.9. Конвеєрна комутація каналів.

Розділ 6. Проектування відмовостійких систем.

Тема 6.1. Основні положення побудови відмовостійких комп'ютерних систем.

Тема 6.2. Способи та засоби підвищення надійності паралельних комп'ютерних систем.

Тема 6.3. Технологія підвищення відмовостійкості на основі введення надмірності в структуру комп'ютерних систем: апаратна надмірність, пасивна надмірність, гібридна надмірність, інформаційна надмірність, тимчасова надмірність, програмна надмірність, реконфігурація в системах, відновлення блоків.

Тема 6.4. Відмовостійка маршрутизація.

Тема 6.5. Діагностика паралельних комп'ютерних систем.

Тема 6.6. Шинна технологія PCI, PCI-X та комутовані технології Myrinet, Infiniband.

Розділ 7. Паралельні методи і засоби відображення і вирішення задач в масштабованих системах

Тема 7.1. Схеми паралельних алгоритмів задач та їх відображення на топологічні організації комп'ютерних систем.

Тема 7.2. Методи відображення матриць на процесори комп'ютерних систем.

Тема 7.3. Організація паралельного виконання операцій над матрицями.

Курсова робота.

Синтезувати оригінальну топологічну організацію з числом вузлів n і показати способи її довільного розширення.

2. Визначити характеристики синтезованої топології, до яких у першу чергу слід віднести: ступінь топології, діаметри топології, топологічний трафік .

3. Порівняти характеристики синтезованої топології з характеристиками гіперкуба відповідного порядку.

4. Виділити переваги синтезованої топології.

5. Відобразити синтезовану топологію на гіперкуб.

6. Розробити алгоритми маршрутизації для синтезованої топології:

- один-одному (one-to-one);
- всі-всім з персональним призначенням (all-to-all-personalized);
- оригінальний алгоритм one-to-all для випадків:
 - всі елементи працездатні;
 - частина елементів від 1 до n не працездатні.

7. Завантажити алгоритм деякої великої задачі в синтезовану топологію і показати послідовність її ефективного рішення.

8. Порівняти час її рішення з часом рішення в однопроцесорному варіанті.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова:

1. Дослідження і проектування комп'ютерних систем. Конспект лекцій. Курсова робота» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» / Луцький Г.М, Волокита А.М. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 99с. //comsys.kpi.ua
2. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Дослідження і проектування комп'ютерних систем» //Луцький Г., Русанова О. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 46 с. Електронний ресурс Погоджено Методичною радою ФІОТ (протокол № 10 від 9.06.2022 р.) <https://comsys.kpi.ua/metodichni-vkazannya-po-disciplinam>
- 3 Комп'ютерні системи : навчальний посібник / М. І. Васюхин [та ін.]. - К. : КОМПРИНТ, 2017. - 270 с.
4. Зайцев, В. Г. Комп'ютерні системи реального часу [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою "Системне програмування та спеціалізовані комп'ютерні системи" спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» / В. Г. Зайцев, Є. І. Цибаєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,49 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 162 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29604>

Додаткова:

5. Michael Stonebraker, Ugur Getintemel, Stan Zdonik. The 8 requirements of real-time stream processing. SIGMOD Record, Vol. 34, No.4, Dec. 2005.– 9 p.
6. Булгакова О. С., Зосімов В. В., Поздєєв В. О. Методи та системи штучного інтелекту. Теорія та практика. Навчальний посібник. – Олді плюс, 2020, - 356 с.

7. Масловський Б, Дрововозов В, Коба О. Технології проектування комп'ютерних систем. Навчальний посібник. – Київ, НАУ, 2015, - 500 с.

8. Hager G., Wellein H. Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers .Chapman & Hall/CRC, 2014 -322 p.

[/http://prdrklaina.weebly.com/uploads/5/7/7/3/5773421/introduction_to_high_performance_computing_for_scientists_and_engineers.pdf](http://prdrklaina.weebly.com/uploads/5/7/7/3/5773421/introduction_to_high_performance_computing_for_scientists_and_engineers.pdf)

Навчальний контент

Бетодика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів, тем	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції	Лабораторні роботи	СРС
<p>Розділ 1. Вступ . Тема 1.1. Основні поняття та визначення. Тема 1.2. Складність алгоритмів та її значення для ефективного вирішення прикладних задач. Тема 1.3. Методи варіювання зерністостю розпаралелювання. Тема 1.4. Поняття паралельної комп'ютерної системи та накладні витрати паралельної обробки інформації.</p>	16	4	4	8
<p>Розділ 2. Метрика масштабованих систем. Тема 2.1. Метричні характеристики масштабованих систем. Тема 2.2. Ізоефективні масштабовані системи. Тема 2.3 Відображення задач на топологічну організацію комп'ютерних систем. Тема 2.4. Відображення базових топологічних організацій у гіперкуб.</p>	18	6	4	8
<p>Розділ 3. Синтез топологічних організацій. Тема 3.1. Основні положення. Тема 3.2. Синтез топологічних організацій на основі латинського квадрату. Тема 3.3. Синтез топологічних організацій на основі кодових перетворень. Тема 3.4. Спеціальні методи синтезу топологічних організацій.</p>	16	4	4	8
<p>Розділ 4. Методи і алгоритми маршрутизації у безпосередньо-пов'язаних системах. Тема 4.1. Модель безпосередньо-пов'язаних систем. Тема 4.2. Послідовна, конвеєрна і паралельна маршрутизація. Тема 4.3. Процедура ініціалізації маршрутизації. Тема 4.4. Способи і алгоритми послідовної, конвеєрної та паралельної маршрутизації в режимах: ONE-TO-ONE, ONE-TO-ALL, ALL-</p>	18	6	2	10

<p>TO- ONE, ALL- TO-ALL, ONE-TO-ALL з персональним призначенням, ALL-TO-ALL з персональним призначенням, зсувні алгоритми, пара-лельні алгоритми.</p> <p><i>Тема 4.5.</i> Методи маршрутизації.</p>				
<p>Розділ 5. Комутовані системи передачі інформації.</p> <p><i>Тема 5.1.</i> Модель комутованих систем.</p> <p><i>Тема 5.2.</i> Синхронні та асинхронні методи передачі інформації.</p> <p><i>Тема 5.3.</i> Комутація каналів.</p> <p><i>Тема 5.4.</i> Комутація пакетів.</p> <p><i>Тема 5.5.</i> Черв'ячна передача.</p> <p><i>Тема 5.6.</i> Віртуальні канали.</p> <p><i>Тема 5.7.</i> Метод божевільного листоноші.</p> <p><i>Тема 5.8.</i> Гібридні методи комутації.</p> <p><i>Тема 5.9.</i> Конвеєрна комутація каналів.</p>	16	4	2	10
<p>Розділ 6. Проектування відмовостійких систем.</p> <p><i>Тема 6.1.</i> Основні положення побудови відмовостійких комп'ютерних систем.</p> <p><i>Тема 6.2.</i> Способи та засоби підвищення надійності паралельних комп'ютерних систем.</p> <p><i>Тема 6.3.</i> Технологія підвищення відмовостійкості на основі введення надмірності в структуру комп'ютерних систем: апаратна надмірність, пасивна надмірність, гібридна надмірність, інформаційна надмірність, тимчасова надмірність, програмна надмірність, реконфігурація в системах, відновлення блоків.</p> <p><i>Тема 6.4.</i> Відмовостійка маршрутизація.</p> <p><i>Тема 6.5.</i> Діагностика паралельних комп'ютерних систем.</p> <p><i>Тема 6.6.</i> Шинна технологія PCI, PCI-X та комутовані технології Myninet, Infiniband.</p>	18	6	2	10
<p>Розділ 7. Паралельні методи і засоби відображення і вирішення задач в масш-табованих системах</p> <p><i>Тема 7.1.</i> Схеми паралельних алгоритмів задач та їх відображення на топологічні організації комп'ютерних систем.</p> <p><i>Тема 7.2.</i> Методи відображення матриць на процесори комп'ютерних систем.</p> <p><i>Тема 7.3.</i> Організація паралельного виконання операцій над матрицями.</p>	18	6	0	12
Екзамени	30			30
Всього в семестрі:	150	36	18	96

13. Самостійна робота студента

Метою проведення циклу лабораторних робіт є набуття студентами необхідних практичних навичок використання методів та способів представлення та опрацювання даних для отримання прихованої інформації, методів дослідження математичних моделей опису шуканої інформації, технології добування даних для розроблення прогнозів щодо досліджуваних об'єктів та процесів.

Політика та контроль

14. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час занять з навчальної дисципліни «Дослідження і проектування КС» студенти повинні дотримуватись певних дисциплінарних правил:

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

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

Види контролю з навчальної дисципліни включають:

Поточний контроль: тестування закритими тестами.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 59 балів.

Лабораторні роботи.

Протягом семестру студенти виконують 6 лабораторних робіт. Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу – $R_{\Pi} = 7$.

Бали нараховуються за:

- Теоретична складова – 4 балів,
- Практична складова – 3 балів.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи $R_{\Pi} = 6 \times 7 = 42$ балів

Тестування

Протягом семестру двічі проводиться тестування студентів.

Максимальна кількість балів за два тестування – $R_s = 24$.

Екзамен.

R_i – де максимальна оцінка за іспит $R_i = 34$.

Розрахунок розміру шкали (R) рейтингу.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру становить:

$$R = R_{\Pi} + R_s + R_i,$$

Розмір рейтингової шкали для навчальної дисципліни становить:

$$R = 42 + 24 + 34 = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску студента до екзамену його індивідуальний семестровий рейтинг (R_p), не менший, ніж 59 балів, та відсутність заборгованості з лабораторних робіт. При невиконанні згаданих вимог студент до екзамену не допускається.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

16. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль.

1. У яких цілях використовується відображення одних топологій в інші?
2. Який сенс Ви вкладаєте в поняття альтернативних маршрутів?
3. Чому конвеєрна маршрутизація на рівні повідомлень у рамках ONE - TO - ALL не ефективна в гіперкубічних топологіях ?
4. Що визначає закон Густафсона?
5. Чи являється конвеєрна маршрутизація (cut - through) на рівні повідомлень маршрутизацією store - and - forward на рівні пакетів?
6. Чим визначається глибина перекриття конвеєрної маршрутизації на рівні пакетів?
7. Чим відрізняється операція SINGLE - NODE - ACCUMULATION від операцій MULTINODE - ACCUMULATION?
8. Чому конвеєрна маршрутизація ALL - TO - ALL на рівні повідомлень не ефективна?
9. Чим відрізняється конвеєрна маршрутизація (cut - through) на рівні пакетів від черв'ячної (wormhole switching) маршрутизації?
10. Переваги черв'ячної (wormhole switching) маршрутизації.
11. Які кроки включає ініціація маршрутизації
12. Ефективність паралельної обробки $E =$
13. Вартість паралельної обробки $C =$
14. Накладні витрати паралельної обробки $\Delta(N, n) =$
15. Якщо $f(0 \leq f \leq 1)$ - доля послідовно виконуваної частини програми, то у відповідності із законом Амдала прискорення $S \leq$
16. Чи може дати позитивний ефект маршрутизація типу божевільного листоноші (Mad Postman Switching) при використанні кільцевої топологічної організації?
17. Прискорення паралельної обробки $S =$
18. Знайти альтернативні маршрути між джерелом даних з номером $((N_{\text{№ студента в списку групи)} - 1) \bmod 4$ і приймачем з номером $(15 - (N_{\text{№ студента в списку групи)} \bmod 4))$ у чотиривимірному гіперкубі.
19. Якщо доля послідовно-виконуваної частини програми дорівнює $1/N$, де N - номер студента в списку групи, те максимальне прискорення при

паралельному виконанні програми буде рівне $S=$, а при збільшенні розмірності в N разів буде рівне приблизно $S=$.

20. Знайти маршрут між джерелом даних з номером $((\text{№ студента в списку групи}) \bmod 8 - 1)$ і приймачем з номером $(7 - ((\text{№ студента в списку групи}) \bmod 8))$ в топології Баньян розміром 8×8 .
21. Знайти маршрут між джерелом даних з номером $((\text{№ студента в списку групи}) \bmod 8) - 1$ і приймачем з номером $(7 - ((\text{№ студента в списку групи}) \bmod 8))$ в топології Омега розміром 8×8 .
22. Знайти кількість вершин N , кількість ребер R , діаметр D і ступінь S топології, що отримується при декартовому піднесенні до степеня початкових топологій з раніше розглянутими параметрами з номером: $(\text{№ студента в списку групи}) \bmod 4$:
 - 1.Решітка.
 - 2.Mesh - топологія.
 - 3.Двійкове дерево.
 - 4.Гіперкуб.
23. Знайти таку розмірність завдання n при складанні множини кількістю вузлів $N=16$ при якій ефективність системи дорівнюватиме величині, визначуваній пунктом з номером - $(\text{№ студента в списку групи}) \bmod 4$:
 1. $E=0.8$.
 2. $E=0.7$.
 3. $E=0.6$.
 4. $E=0.5$.

В рамках вивчення навчальної дисципліни «Дослідження і проектування комп'ютерних систем» допускається зарахування балів, одержаних на основі самостійного вивчення нових підходів до суттєвого підвищення продуктивності комп'ютерних систем та їх реалізація у рамках курсової роботи, за умови попереднього погодження програми даного дослідження з викладачем.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено , д.т.н, професор, Луцький Георгій Михайлович

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол №_10_від 25.05.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 9.06.2022)