Черкаський державний технологічний університет
Факультет інформаційних технологій і систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Голова вченої ради
факультету інформаційних
технологій і систем
_____ / Трегубенко І.Б.
Протокол № 2
«28» вересня 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
(СИЛАБУС)

(цикл дисциплін за спеціальністю)

«СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ»

Шифр за ОНП – **ОД8**

Рівень вищої освіти	освітньо-науковий
Галузь знань –	12 «Інформаційні технології»
Спеціальність –	123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-наукова програма –	«Комп'ютерні системи та мережі»

2020 - 2021 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Спеціальні розділи математики для дослідження в комп'ютерній інженерії» підготовки здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія», освітньо-наукова програма: «Комп'ютерні системи та мережі» – 14 стор.

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус) складена на основі програми навчальної дисципліни «Спеціальні розділи математики для дослідження в комп'ютерній інженерії», шифр (за ОНП) – ОД8

Розробник: Федоров Є.Є., д.т.н., доцент, доцент кафедри робототехніки та спеціалізованих комп'ютерних систем

Робоча програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри інформаційної безпеки та комп'ютерної інженерії

Протокол № 2 від 15.09. 2020 р.

Завідувач кафедри _____ / Рудницький В.М. /
(підпис)

Обговорено та рекомендовано до затвердження методичною комісією факультету інформаційних технологій і систем

«21» вересня 2020р., протокол № 2 .

Голова методичної комісії факультету
інформаційних технологій і систем _____ /Карапетян А.Р./
(підпис)

1. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА

Прізвище, ім'я, по батькові	Федоров Євген Євгенович
Науковий ступінь	д.т.н.
Наукове звання	доцент
Посада	професор
Місце роботи	*Черкаський державний технологічний університет*
Адреса кафедри	18006, м. Черкаси, бульвар Шевченка 460, к. 301
Контактний телефон	(050) 053-15-20, (097) 208-71-79
Профайл викладача	https://orcid.org/0000-0003-3841-7373 https://publons.com/researcher/3651396/eugene-fedorov
e-mail:	y.fedorov@chdtu.edu.ua
Профайл дисципліни	http://fitis.moodle.chdtu.edu.ua/course/view.php?id=658
Розклад консультацій	

2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Загальні характеристики		Навчальне навантаження з дисципліни	
			денна форма навчання	заочна форма навчання
Галузь знань	Обов'язкова		Курс підготовки:	
			1	-
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»	Загальна кількість кредитів ЄКТС	4	Семестр підготовки:	
	Загальна кількість годин	120	2	-
Освітня програма Комп'ютерні системи та мережі	Кількість аудиторних годин	48	Лекції	
			32	-
	Кількість годин самостійної роботи	72	Практичні, семінарські	
				-
Освітній рівень доктор філософії	Мова навчання - українська		Лабораторні	
			16	-
			Самостійна робота	
			72	-
			Форма підсумкового контролю	
			іспит	-

3 МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання дисципліни	формування знань і умінь, необхідних для створення програмних продуктів на підставі технології CUDA
Завдання вивчення дисципліни	навчити студентів виконувати розробку програмних продуктів на підставі технології CUDA, що реалізують паралельні редукцію, префіксну суму, блочні матрично-векторні операції, методи рішення системи рівнянь; паралельне сортування парне-непарне, злиттям, Бетчера (обмінне зі злиттям). бітонічне, за розрядами; паралельне навчання багатошарового персептрона, нейромережі з радіально-базисними функціями, карти самоорганізації обмеженою машини Больцмана

4 РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

№ з/п	Результати навчання
Програмні компетентності	
Загальні компетентності	
1	ЗК2. Здатність адаптувати нове знання у вузькопрофесійній і міждисциплінарній діяльності.
2	ЗК12. Навички використання отриманих теоретичних знань для наукового аналізу власної професійної діяльності.
Фахові компетентності	
3	ФК3. Здатність аналізувати, моделювати, адаптувати та застосовувати методи паралельних обчислень.
4	ФК6. Здатність досліджувати, оптимізувати, вдосконалювати інформаційно-телекомунікаційні системи та мережі.
5	ФК7. Навички планування інформаційних потоків у комп’ютерних мережах з метою забезпечення оптимального завантаження комп’ютерних мереж, необхідного рівня сервісу, надійності, часових характеристик.
6	ФК9. Здатність оцінювати інформаційну безпеку комп’ютерних систем та мереж, зокрема аналізувати та оцінювати системи криптографічного захисту інформації.
7	ФК10. Здатність моделювати, проектувати та оптимізувати криптоалгоритми та криптопримітиви.
8	ФК11. Здатність реалізовувати та оцінювати характеристики криптографічних систем захисту інформації.
9	ФК14. Здатність синтезувати та моделювати пристрої природно-

	надійних комп’ютерних систем.
10	ФК15. Здатність розробляти та адаптувати методи підвищення продуктивності комп'ютерних систем.
11	ФК16. Здатність проектувати архітектури високопродуктивних комп'ютерних систем.
12	ФК17. Здатність застосовувати методи оцінки продуктивності комп'ютерних систем.
13	ФК19. Здатність досліджувати та оцінювати методи та засоби контролю та діагностики комп'ютерних систем виходячи із задач проектування.
Програмні результати навчання	
14	ПРН1. Наявність ерудиції та фундаментальної наукової підготовки.
15	ПРН10. Вміння моделювати, адаптувати та застосовувати методи паралельних обчислень.
16	ПРН11. Вміння досліджувати та вдосконалювати інформаційно-телекомунікаційні системи та мережі.
17	ПРН12. Вміння моделювати, проектувати та оптимізувати криптоалгоритми та криптопримітиви.
18	ПРН13. Вміння реалізовувати та оцінювати характеристики криптографічних систем захисту інформації.

5 ПРЕРЕКВІЗИТИ

Вивчення дисципліни «Спеціальні розділи математики для дослідження в комп’ютерній інженерії» передбачає базові знання у студентів, які вони отримали, вивчаючи дисципліни «Вища математика», «Програмування».

6 ПОСТРЕКВІЗИТИ

Навчальна дисципліна «Спеціальні розділи математики для дослідження в комп’ютерній інженерії» за структурно-логічною схемою підготовки докторів філософії передує дисертаційним дослідженням.

7 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль №1 *Основний*
Тема 1. Введення в технологію CUDA
Історія розвитку та застосування технології CUDA. Порівняння архітектури CPU і GPU
Тема 2. Модель паралельного програмування CUDA
Ядро. Гетерогенне програмування. Ієрархія ниток. Ієрархія пам'яті

Тема 3. Обчислювальні можливості та введення в CUDA host API
Обчислювальні можливості. CUDA driver API. CUDA runtime API. CUDA libraries
Тема 4. Розширення мови C в CUDA
Специфікатори функцій. Специфікатори змінних. Вбудовані векторні типи. Вбудовані змінні. Директиви виклику ядра. Функції
Тема 5. Управління глобальною пам'яттю
Реалізація операцій над масивами в випадку використання глобальної пам'яті (створення, заповнення, копіювання, зруйнування) та отримання розміру вільної і всієї глобальної пам'яті
Тема 6. Управління колективною та константною пам'яттю
Реалізація операцій над масивами в випадку використання глобальної пам'яті (статичне та динамічне завданні розмірів масиву). Реалізація операцій над масивами в випадку використання константної пам'яті (повертання адресу та розміру змінної, яка знаходиться в константної пам'яті, копіювання даних зі змінної та в змінну, яка знаходиться в константної пам'яті)
Тема 7. Управління закріпленою хост-пам'яттю та єдиний віртуальний адресний простір
Реалізація операцій над масивами в випадку використання закріпленої хост-пам'яті (виділення та звільнення закріпленої хост-пам'яті та отримання її прапорів) Перетворення звичайної хост-пам'яті в закріплену хост-пам'ять. Застосування єдиного віртуального адресного (UVA) простору. Отримання покажчика на закріплену хост-пам'ять, що відображена в UVA-простір, та його атрибутів. Перевірка підтримки UVA-простору та можливості відображення в нього пам'яті
Тема 8. Управління єдиною пам'яттю
Особливості єдиної пам'яті. Перевірка підтримки єдиної пам'яті. Реалізація операцій над масивами в випадку використання єдиної пам'яті (створення, копіювання) та встановлення та скасування рекомендацій по використанню певного діапазону пам'яті
Змістовий модуль №2 *Додатковий*
Тема 9. Отримання номера версії, обробки помилок, управління подіями, потоками та виконанням ядра, аналіз зайнятості GPU ядром
Отримання номера версії. Обробки помилок. Управління подіями (створення, руйнування, запис, запит, очікування настання події, отримування інтервалу часу між наступами події), потоками (створення, руйнування, запит стану, очікування настання події, додавання функції зворотного виклику, прикріплення єдиної пам'яті, повернення прапорів поведінки і пріоритету потоку, синхронізація) та функцією ядра (її запуск, повернення для неї атрибутів, встановлення для неї конфігурації кеша першого рівня та колективної пам'яті, функції ядра). Аналіз зайнятості GPU ядром

Тема 10. Управління GPU та взаємодією між GPU
Отримання інформації про наявні GPU, шину PCI та номер GPU. Установка й отримання поточного GPU. Отримання діапазону пріоритетів потоків для поточного GPU. Синхронізація потоків для поточного GPU. Звільнення ресурсів, пов'язаних з поточним GPU. Управління прапорами поточного GPU. Управління ресурсами поточного GPU. Взаємодія між GPU в разі невикористання (використання) UVA-простору та невключення (включення) однорангового доступу
Тема 11. Паралельні редукція, префіксна сума, блочні матрично-векторні операції. методи рішення системи рівнянь
Паралельна редукція. Паралельна префіксна сума. Паралельне блочне множення матриці на вектор. Паралельне блочне множення квадратних матриць. Метод циклічної редукції та метод Якобі для паралельного рішення системи рівнянь
Тема 12. Паралельне сортування
Парне-непарне сортування. Сортування злиттям. Паралельна сортування Бетчера. Бітонічне сортування. Сортування за розрядами
Тема 13. Паралельне навчання багатошарового персептрона
Архітектура та пакетний алгоритм навчання MLP для паралельної реалізації
Тема 14. Паралельне навчання нейромережі з радіально-базисними функціями
Архітектура та пакетний алгоритм навчання RBFNN для паралельної реалізації
Тема 15. Паралельне навчання карти самоорганізації
Архітектура та пакетний алгоритм навчання SOM для паралельної реалізації
Тема 16. Паралельне навчання обмеженої машини Больцмана
Архітектура та пакетний алгоритм навчання RBM для паралельної реалізації

8 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ теми	Назва модулів і тем	Форми організації навчання, кількість годин						Література, інформаційні ресурси
		Денна форма			Заочна форма			
		Лекції	Практичні, лабораторні роботи	Самостійна робота	Лекції	Практичні, лабораторні роботи	Самостійна робота	
Змістовий модуль №1 *Основний*								
1	Введення в технологію CUDA	2	2	5	-	-	-	1-9
2	Модель паралельного програмування CUDA	2		4	-	-	-	1-9
3	Обчислювальні можливості та введення в CUDA host API	2	2	5	-	-	-	1-9
4	Розширення мови C в CUDA	2		4	-	-	-	1-9
5	Управління глобальною пам'яттю	2	2	5	-	-	-	1-9
6	Управління колективною та константною пам'яттю	2		4	-	-	-	1-9
7	Управління закріпленою хост-пам'яттю та єдиний віртуальний адресний простір	2	2	5	-	-	-	1-9
8	Управління єдиною пам'яттю	2		4	-	-	-	1-9
Змістовий модуль №2 *Додатковий*								
9	Отримання номера версії, обробки помилок, управління подіями, потоками та виконанням ядра, аналіз зайнятості GPU ядром	2	2	5	-	-	-	1-9
10	Управління GPU та взаємодією між GPU	2		4	-	-	-	1-9
11	Паралельні редукція, префіксна сума, блочні матрично-векторні операції. методи рішення системи рівнянь	2	2	5	-	-	-	1-9
12	Паралельне сортування	2		4	-	-	-	1-9

13	Паралельне навчання багатошарового персептрона	2	2	5	-	-	-	1-9
14	Паралельне навчання нейромережі з радіально-базисними функціями	2		4	-	-	-	1-9
15	Паралельне навчання карти самоорганізації	2	2	5	-	-	-	1-9
16	Паралельне навчання обмеженої машини Больцмана	2		4	-	-	-	1-9
	Разом	32	16	72	-	-	-	

9 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

№ з/п	Тема заняття / Назва лабораторної роботи	Кількість годин	
		Денна	Заочна
1	Паралельні редукція, префіксна сума,	2	-
2	Блочні матрично-векторні операції	2	-
3	Методи рішення системи рівнянь	2	-
4	Паралельне сортування	2	-
5	Паралельне навчання багатошарового персептрона	2	-
6	Паралельне навчання нейромережі з радіально-базисними функціями	2	-
7	Паралельне навчання карти самоорганізації	2	-
8	Паралельне навчання обмеженої машини Больцмана	2	-

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

http://fitis.moodle.chdtu.edu.ua/course/view.php?id=658

10 САМОСТІЙНА РОБОТА

10.1 Рекомендації до самостійної роботи здобувачів вищої освіти денної форми навчання.

Самостійна робота студентів (СРС) є основним способом засвоєння студентом навчального матеріалу в час вільний від обов'язкових навчальних занять.

Самостійна робота студента спрямована на:

- самостійне вивчення окремих тем дисципліни;
- закріплення та поповнення знань і навичок, одержаних при проведенні аудиторних лекційних, лабораторних і практичних занять;
- самостійну підготовку до лекційних, практичних і лабораторних занять;
- захисту лабораторних робіт;
- виконання контрольних робіт студентами-заочниками.

Самостійна робота проводиться студентом в: бібліотеці ЧДТУ, обласній бібліотеці ім. Т. Г. Шевченка, в комп'ютерних лабораторіях з використанням електронного конспекту лекцій, використанням глобальної мережі Internet.

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

http://fitis.moodle.chdtu.edu.ua/course/view.php?id=658

11 СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯТНЕНЬ

Оцінювання навчальних досягнень здійснюється за 100-бальною (рейтинговою) шкалою ЕКТС (ECTS), національною 4-х бальною шкалою («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») і вербальною («зараховано», «незараховано») системами.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

<table>
<tr><td rowspan="2">Сума балів за всі види навчальної діяльності</td><td colspan="2">Оцінка за національною шкалою</td></tr>
<tr><td>для екзамену, курсового проекту (роботи), практики</td><td>для заліку</td></tr>
<tr><td>90-100</td><td>відмінно</td><td rowspan="5">зараховано</td></tr>
<tr><td>82-89</td><td rowspan="2">добре</td></tr>
<tr><td>74-81</td></tr>
<tr><td>64-73</td><td rowspan="2">задовільно</td></tr>
<tr><td>60-63</td></tr>
<tr><td>35-59</td><td>незадовільно з можливістю повторного складання</td><td>не зараховано з можливістю повторного складання</td></tr>
<tr><td>1-34</td><td>незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</td><td>не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни</td></tr>
</table>

11.1 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

- **Поточний контроль** – оцінюються усні та письмові відповіді, результати комп'ютерного тестування, виконання дослідницьких завдань, захист підготовлених презентацій;
- **Модульний контроль** проводиться протягом семестру письмово або у вигляді комп'ютерного тестування, захисту творчих проектів тощо; і має на меті оцінку результатів знань студента після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни.
- **Семестровий контроль** (залік) виставляється з урахуванням поточної успішності та результатів модульних робіт у терміни, передбачені графіком навчального процесу.

Форми контролю:

- усне та письмове опитування;
- тестові завдання в тому числі комп'ютерне тестування;
- звіти з лабораторних робіт;
- звіти з практичних занять.

11.2 ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ

Іспит проводиться у формі комп'ютерного тестування згідно тем змістовних модулів №1, 2, а саме:

1. Основні поняття і застосування GPU
2. Ядро та гетерогенне програмування
3. Ієрархія ниток
4. Ієрархія пам'яті
5. Обчислювальні можливості
6. Введення в CUDA host API
7. Специфікатори функцій
8. Специфікатори змінних, що розміщуються в GPU-пам'яті
9. Специфікатор змінних __managed__
10. Специфікатор змінних-покажчиків __restrict__
11. Специфікатор змінних volatile та вбудовані векторні типи
12. Вбудовані змінні
13. Директива виклику ядра, вбудовані функції та синхронізація ниток
14. Атомарні функції
15. Перевірка статусу ниток каната
16. Функції перестановки значень змінно ниток всередині каната
17. Управління глобальною пам'яттю, виділеної як лінійна пам'ять
18. Управління колективною пам'яттю
19. Управління константною пам'яттю
20. Управління закріпленою хост-пам'яттю
21. Перетворення звичайної хост-пам'яті в закріплену хост-пам'ять
22. Єдиний віртуальний адресний простір
23. Єдина пам'ять
24. Отримання номера версії та обробка помилок

25. Події
26. Потоки
27. Управління виконанням ядра
28. Аналіз зайнятості GPU ядром
29. Отримання інформації про наявні GPU
30. Отримання інформації про шину PCI і номері GPU
31. Установка і отримання поточного GPU
32. Отримання діапазону пріоритетів потоків для поточного GPU
33. Синхронізація потоків для поточного GPU та звільнення ресурсів, пов'язаних з поточним GPU
34. Управління прапорами поточного GPU
35. Управління ресурсами поточного GPU
36. Взаємодія між GPU в разі невикористання UVA-простору і невключення однорангового доступу
37. Взаємодія між GPU в разі використання UVA-простору і включення однорангового доступу
38. Паралельна редукція
39. Префіксна сума
40. Множення матриці на вектор
41. Блочне множення квадратних матриць
42. Парне-непарне сортування (odd-even sort)
43. Сортування злиттям (merge sort)
44. Паралельна сортування Бетчера (обмінне сортування зі злиттям) (Batcher sort)
45. Бітонічне сортування (bitonic sort)
46. Сортування за розрядами (radix sort)
47. Багатошаровий персептрон
48. Нейромережа на основі радіально-базисних функцій
49. Самоорганізована карта ознак
50. Дескриптивна Гауса-Бернуллі обмежена машина Больцмана

11.3 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Семестрову рейтингову оцінку розраховують, виходячи з критеріїв:

- семестровий контроль – 40%;
- результати роботи на лабораторних та практичних заняттях – 50%;
- самостійна робота – 10%.

ДЕННА ФОРМА

Модуль	Критерії оцінювання знань	Кількість балів *максимум*
Змістовий модуль № 1		
Засвоєння лекційного матеріалу (усне та письмове опитування)		5
Захист звітів з лабораторних/практичних робіт		10
Перевірка засвоєння матеріалу у вигляді комп'ютерного тестування		10
Самостійна робота		5
Всього за змістовим модулем №1		30
Змістовий модуль № 2		
Засвоєння лекційного матеріалу (усне та письмове опитування)		5
Захист звітів з лабораторних/практичних робіт		10
Перевірка засвоєння матеріалу у вигляді комп'ютерного тестування		10
Самостійна робота		5
Всього за змістовим модулем №2		30
Іспит		40
Разом		100

12 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Варыгина М.П. Основы программирования в CUDA / М.П. Варыгина. – Красноярск: Красноярский гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2012. – 138 с.

2. Сандерс Дж. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Дж. Сандерс, Э. Кэндрот. – М: ДМК Пресс, 2011. – 232 с.

3. Боресков А.В. и др. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA. – М: Издательство Московского университета, 2012. – 336 с.

4. Боресков А.В. Основы работы с технологией CUDA / А.В. Боресков, А.А. Харламов. – М: ДМК Пресс, 2010. – 232 с.

Допоміжна

5. Hwu W.W. GPU Computing Gems Emerald Edition. – Waltham: Morgan Kaufmann, 2011. – 886 c.

6. Hwu W.W. GPU Computing Gems Jade Edition. – Waltham: Morgan Kaufmann, 2011. – 560 c.

7. Kirk, Hwu. Programming Massively Parallel Processors. – Waltham: Morgan Kaufmann, 2013. – 514 c.

8. Farber R. CUDA Application Design and Development. – Waltham: Morgan Kaufmann, 2012. – 336 c.

9. Cook Sh. CUDA Programming A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs. – Waltham: Morgan Kaufmann, 2013. – 600 c.

13 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Coursera. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.coursera.org/courses

2. edX is the trusted platform for education and learning. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.edx.org/learn/artificial-intelligence

14 ПЕРЕЛІК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

1. Положення про організацію контролю та оцінювання якості навчання студентів (https://shot_URL).

2. Положення про організацію освітнього процесу в Черкаському державному технологічному університеті (https://shot_URL).

3. Кодекс академічної доброчесності Черкаського державного технологічного університету (https://shot_URL).

15 ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ

Політика навчальної дисципліни визначається системою вимог, які викладач пред'являє до студента при вивченні дисципліни та ґрунтується на засадах академічної доброчесності.

Основні вимоги що висуваються:

- присутність на заняттях та виконання завдань (крім випадків: лікарняні, мобільність, індивідуальні плани і т.і.);
- неприпустимість запізнень на заняття (відволікання викладача та студентів від початого учбового процесу);
- дотримання правил поведінки на заняттях (активна участь, виконання необхідного мінімуму навчальної роботи, відключення телефонів та ін.);
- заохочення та стягнення (поведінка, активна участь, вчасність здачі завдань та робіт).

Політика навчальної дисципліни будується з урахуванням норм законодавства України щодо академічної доброчесності, Статуту, положень ЧДТУ та інших нормативних документів. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.