

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ
КАФЕДРА ИНФОРМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ

ОДОБРЕНО
УМС ИЯФИТ Протокол №01/08/24-573.1 от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ И СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ

Направление подготовки
(специальность)

- [1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии
[2] 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов
[3] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	4	144	32	32	0		44	0	Э
Итого	4	144	32	32	0	0	44	0	

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются принципы функционирования и применения суперкомпьютеров; изучаются основы технологий параллельного программирования MPI и OpenMP. Осваивается методика практической работы с суперкомпьютером, составления, отладки и оценки эффективности параллельных программ; выполняется визуальное моделирование на суперкомпьютере физических процессов и инженерных систем.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В дисциплине рассматриваются принципы функционирования и применения суперкомпьютеров; изучаются основы технологий параллельного программирования MPI и OpenMP. Осваивается методика практической работы с суперкомпьютером, составления, отладки и оценки эффективности параллельных программ; выполняется визуальное моделирование на суперкомпьютере физических процессов и инженерных систем.

Полученные знания и практические навыки могут использоваться при разработке курсовых и дипломных работ. Практическая часть курса выполняется с использованием реализации MPI – пакета mpich.nt.1.2.5, на языке C и Linux-gnu пакета openmpi-1.4. Учебные задания выполняются на ПЭВМ в режиме многопроцессорной и многопоточной эмуляции, тестирование на Linux кластере.

При освоении дисциплины даются основы:

- принципов разработки параллельных алгоритмов и программ,
- функциональных возможностей стандарта MPI и OpenMP,
- разработки параллельных численных алгоритмов для решения типовых задач вычислительной математики и математического моделирования.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина рассчитана на студентов, имеющих базовую подготовку по информатике (программирование на C), физике и математике. Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам алгоритмизации, программирования, линейной алгебры, операционным системам. Необходимо уметь выполнять разработку математических приложений в операционных системах Windows и Linux, знать векторные и матрично-векторные операции, дифференциальное и интегральное исчисление. Уметь выполнять разработку, сборку и отладку исполняемых приложений в операционных системах Windows и Linux.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

УК-1 [1, 2, 3] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1, 2, 3] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1, 2, 3] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1, 2, 3] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
УК-3 [1, 2, 3] – Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	З-УК-3 [1, 2, 3] – Знать: основные приемы и нормы социального взаимодействия; основные понятия и методы конфликтологии, технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии У-УК-3 [1, 2, 3] – Уметь: устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе; применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды В-УК-3 [1, 2, 3] – Владеть: простейшими методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде
УК-6 [1, 2, 3] – Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	З-УК-6 [1, 2, 3] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни У-УК-6 [1, 2, 3] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения В-УК-6 [1, 2, 3] – Владеть: методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование этического мышления и профессиональной ответственности ученого (В2)	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих,	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных

	формирование личностно-центрированного подхода в профессиональной коммуникации, когнитивно-поведенческих и практико-ориентированных навыков, основанных на общероссийских традиционных ценностях (В3)	дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через

		контекстное обучение
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение

		кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (В23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирование базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Основы высокопроизводительных вычислений	1-7	14/14/0	Зд-3 (5), Зд-4 (5), Зд-5	30	КИ-7	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1,

				(5),Зд-6 (5),ДЗ-7 (10)			З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
2	Методы и технологии параллельного и распределенного программирования	8-16	18/18/0	Зд-9 (10),Зд-11 (10),ДЗ-13 (10),к.р-16 (10)	40	КИ-16	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/0		70		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				30	Э	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ДЗ	Домашнее задание
КИ	Контроль по итогам
Зд	Задание (задача)
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	32	0
1-7	Основы высокопроизводительных вычислений	14	14	0
1 - 2	Тема 1. Принципы разработки параллельных программ Программные средства разработки параллельных приложений. Интерфейс передачи сообщений, библиотека функций MPI. Основные понятия и определения. Реализация интерфейса передачи данных (MPICH).	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Интерфейс MPI. Функции инициализации MPI программ. Типы данных MPI.			
3 - 6	Тема 2. Интерфейс MPI Двухточечные операции передачи данных. Не блокирующий режим передачи данных. Функции проверки и отмены сообщений. Коллективные операции. Конструкторы типов данных. Функции упаковки и распаковки данных. Адресные функции и функции экстенгов. Конструкторы групп и коммуникаторов. Интракоммуникаторы.	Всего аудиторных часов		
		8	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 3. Топология процессов Виртуальная топология процессов. Конструкты топологий.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8-16	Методы и технологии параллельного и распределенного программирования	18	18	0
8 - 10	Тема 4. Технология программирования OpenMP Основные конструкции OpenMP Си реализации. Конструкции разделения работ. Операции синхронизации потоков. Переменные окружения и стандартные функции интерфейса OpenMP. Достоинства и недостатки организации параллельных вычислений на рбщей и распределенной памяти. Понятие модели распределенного глобального адресного пространства (PGAS). Основные понятия.	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 5. Оценка максимально достижимого параллелизма. Понятие эффективности параллельных алгоритмов. Анализ масштабируемости параллельных вычислений. Закон Амдаля. Эффективность параллельного алгоритма. Понятие и анализ масштабируемости параллельных вычислений. Определение эффективности параллельного алгоритма, формула вычисления эффективности. Понятие масштабируемости, основные методы исследования производительности масштабируемых алгоритмов. Достижение максимального параллелизма. Закон Амдаля. Понятие ускорения параллельного алгоритма. Закон Амдаля и его применение для оценки максимально достижимого параллелизма задачи.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Тема 6. Классификация многопроцессорных вычислительных систем Топология сети передачи данных. Примеры элементарных топологий, основные характеристики. Понятие алгоритма маршрутизации и методов передачи данных. Классификация и техническая реализация многопроцессорных вычислительных систем. Общее понятие топологии сети. Примеры элементарных топологий, сравнительная характеристика скорости передачи данных на примере элементарных топологий. Основные характеристики топологии сети: связности, диаметра, ширины бинарного деления и стоимости.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Алгоритм маршрутизации и методы передачи данных. Классификация и техническая реализация многопроцессорных вычислительных систем. Понятие метода покоординатной маршрутизации. Основные способы передачи данных. Система Флинна и классы многопроцессорных вычислительных систем. Техническая реализация SMP и MPP систем.			
14	Тема 7. Принципы выполнения параллельных вычислений на общей и распределенной памяти SMP-системы, их преимущества и недостатки. Высокопроизводительные вычисления с передачей сообщений. Параллельная обработка данных. Принципы выполнения параллельных вычислений. Особенности параллельного алгоритма. Понятие процесса и потока. Понятие общей и распределенной памяти, особенности выполнения параллельных вычислений на системах с общей, распределенной и смешанной памятью. Кластеры и SMP-системы, их преимущества и недостатки. Сравнительная характеристика. Понятие SMP-систем. Преимущества и недостатки организации параллельных вычислений на ВС с общей памятью. Кластеры и вычислительные системы с распределенной памятью. Использование механизма передачи данных, проблемы оптимизации параллельных вычислений с использованием механизма общей и распределенной памяти.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Тема 8. Общие свойства параллельных алгоритмов Полная и неполная параллельность. Особенности выбора способов распараллеливания. Основные алгоритмические методы распараллеливания задач: крупноблочное, мелкозернистое, конвейерное. Изучение параллельной производительности на примере простых алгоритмов функций линейной алгебры. Свойства параллельных алгоритмов. Полная и неполная параллельность алгоритма. Принципы повторяемости элементарных алгоритмов, совмещения множества операций, разбиения области вычислений на независимые подобласти. Понятие полной и неполной параллельности, примеры задач с полной и неполной параллельностью. Особенности выбора способов распараллеливания. Алгоритмические методы распараллеливания задач. Параллельная производительность. Понятие крупноблочного, мелкозернистого и конвейерного методов распараллеливания. Понятие параллельной производительности, основные принципы анализа производительности параллельных алгоритмов на примере матрично-векторных операций функций линейной алгебры.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
-------------	---------------------

ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
2 - 3	Практическое занятие 1 Двухточечные обмены, блокирующие и не блокирующие режимы передачи данных.
3 - 4	Практическое занятие 2 Коллективные операции
4 - 5	Практическое занятие 3 Конструкторы типов данных
5 - 6	Практическое занятие 4 Конструкторы групп, коммуникаторов и интеркоммуникаторов
6 - 7	Практическое занятие 5 Конструкторы виртуальных топологий
8 - 10	Практическое занятие 6 Общие и защищенные переменные. Разграничения доступа к переменным разного типа
11 - 13	Практическое занятие 7 Конструкции разделения работ итерационного и не итерационного типа
14 - 16	Практическое занятие 8 Операции синхронизации работ

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Практическая часть курса выполняется на базе учебных лабораторий. Используемые реализации MPI: в среде OS Windows - mpich.nt на рабочих станциях в среде OS Linux - mpich или openmpi, на Linux кластере. Удаленный доступ к Linux вычислительным узлам обеспечивает утилита PuTTY. Практические работы с использованием OpenMP реализации выполняются в среде MS Visual Studio с поддержкой соответствующего режима. Разработка, отладочное программирование и тестирование выполняется в среде MS Visual Studio в режиме эмуляции.

На практических занятиях студенты осваивают функциональные возможности интерфейса передачи сообщений, обсуждение каждой темы заканчивается разбором примеров с последующим выполнением заданий различного уровня сложности. При обсуждении тем лекционных занятий используются презентации, обсуждения последних разработок в области высокопроизводительной вычислительной техники. Обязательным является самостоятельная работа студентов с литературой.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
	У-УК-1	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
	В-УК-1	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
УК-3	З-УК-3	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
	У-УК-3	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
	В-УК-3	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
УК-6	З-УК-6	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
	У-УК-6	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16
	В-УК-6	Э, КИ-7, КИ-16, Зд-3, Зд-4, Зд-5, Зд-6, ДЗ-7, Зд-9, Зд-11, ДЗ-13, к.р-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил

			программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 82 Основы работы с технологией CUDA : , Харламов А. А., Боресков А. В. , Москва: ДМК Пресс, 2010
2. ЭИ К 93 Теория эволюционных вычислений : учебное пособие, Курейчик В. В., Курейчик В. М. , Родзин С. И., Москва: Физматлит, 2012
3. ЭИ С 18 Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров : , Кэндрот Э., Сандерс Д., Москва: ДМК Пресс, 2011

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 681.3 М76 Введение в алгоритмы параллельных вычислений : , Молчанов И.Н., Киев: Наук. думка, 1990
2. 681.3 А97 Корректность параллельных вычислительных процессов : , Бандман О.Л., Ачасова С.М., Новосибирск: Наука, 1990

3. 517 Н56 Основы асинхронных методов параллельных вычислений : , Марчук В.А., Нестеренко Б.Б., Киев: Наук.думка, 1989
4. 004 Б12 Параллельные алгоритмы для решения задач защиты информации : , Сидоров И.Д., Бабенко Л.К., Ищукова Е.А., Москва: Горячая линия-Телеком, 2014
5. 681.3 П18 Параллельные вычисления : , , М.: Наука, 1986
6. 004 В63 Параллельные вычисления : Учебное пособие для вузов, Воеводин Вл.В., Воеводин В.В., Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2002
7. 004 П18 Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA : учебное пособие, Сахарных Н.А. [и др.], Москва: Издательство Московского университета, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Темы лекций.

Тема 1. Принципы разработки параллельных программ

Тема 2. Интерфейс MPI

Тема 3. Топология процессов

Тема 4. Технология программирования OpenMP.

Тема 5. Оценка максимально достижимого параллелизма.

Тема 6. Классификация многопроцессорных вычислительных систем

Тема 7. Принципы выполнения параллельных вычислений на общей и распределенной памяти.

Тема 8. Общие свойства параллельных алгоритмов.

Рекомендуемая литература и программное обеспечение.

Основная литература:

Электронный ресурс MPI: стандарт интерфейса передачи сообщений. Перевод с английского.

Евсеев И. MPI для начинающих: Учебное пособие. – Электронный ресурс: <http://parallel.ru/doc>.

Воеводин В. MPI. Вводный курс. – Электронный ресурс: <http://parallel.srcc.msu.ru>.

Шпаковский Г., Сериков Н. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI. – Минск, БГУ, 2012.

Гергель В. Теория и практика параллельных вычислений. Учебное пособие - М.:Бином, 2017.

Дополнительная литература:

Электронный ресурс: <http://www.mcs.anl.gov/Projects/mpi/standard.html>

W.Grop, E.Lusk, and A.Skjellum – “Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface” - MIT Press, Cambridge, Mass.

Электронный ресурс: <http://geant4.cern.ch>.

Программное обеспечение (указанная в скобках версия или выше):

MS Windows, MS Developer Visual Studio C++ (2005), mpich.nt (1.2.5).

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

План лекционных занятий

Тема 1. Принципы разработки параллельных программ

Программные средства разработки параллельных приложений. Интерфейс передачи сообщений, библиотека функций MPI. Основные понятия и определения. Реализация интерфейса передачи данных (MPICH). Интерфейс MPI. Функции инициализации MPI программ. Типы данных MPI.

Тема 2. Интерфейс MPI

Двухточечные операции передачи данных. Не блокирующий режим передачи данных. Функции проверки и отмены сообщений. Коллективные операции. Конструкторы типов данных. Функции упаковки и распаковки данных. Адресные функции и функции экстендов. Конструкторы групп и коммуникаторов. Интракоммуникаторы.

Тема 3. Топология процессов

Виртуальная топология процессов. Конструкторы топологий.

Тема 4. Технология программирования OpenMP.

Основные конструкции OpenMP Си реализации. Конструкции разделения работ. Операции синхронизации потоков. Переменные окружения и стандартные функции интерфейса OpenMP. Достоинства и недостатки организации параллельных вычислений на общей и распределенной памяти. Понятие модели распределенного глобального адресного пространства (PGAS). Основные понятия.

Тема 5. Оценка максимально достижимого параллелизма.

Понятие эффективности параллельных алгоритмов. Анализ масштабируемости параллельных вычислений. Закон Амдаля.

Эффективность параллельного алгоритма. Понятие и анализ масштабируемости параллельных вычислений. Определение эффективности параллельного алгоритма, формула вычисления эффективности. Понятие масштабируемости, основные методы исследования производительности масштабируемых алгоритмов. Достижение максимального параллелизма. Закон Амдаля. Понятие ускорения параллельного алгоритма. Закон Амдаля и его применение для оценки максимально достижимого параллелизма задачи.

Тема 6. Классификация многопроцессорных вычислительных систем

Топология сети передачи данных. Примеры элементарных топологий, основные характеристики. Понятие алгоритма маршрутизации и методов передачи данных. Классификация и техническая реализация многопроцессорных вычислительных систем.

Общее понятие топологии сети. Примеры элементарных топологий, сравнительная характеристика скорости передачи данных на примере элементарных топологий. Основные характеристики топологии сети: связности, диаметра, ширины бинарного деления и стоимости. Алгоритм маршрутизации и методы передачи данных. Классификация и техническая реализация многопроцессорных вычислительных систем. Понятие метода покоординатной маршрутизации. Основные способы передачи данных. Система Флинна и классы многопроцессорных вычислительных систем. Техническая реализация SMP и MPP систем.

Тема 7. Принципы выполнения параллельных вычислений на общей и распределенной памяти.

SMP-системы, их преимущества и недостатки. Высокопроизводительные вычисления с передачей сообщений.

Параллельная обработка данных. Принципы выполнения параллельных вычислений. Особенности параллельного алгоритма. Понятие процесса и потока. Понятие общей и распределенной памяти, особенности выполнения параллельных вычислений на системах с общей, распределенной и смешанной памятью. Кластеры и SMP-системы, их преимущества и недостатки. Сравнительная характеристика. Понятие SMP-систем. Преимущества и недостатки организации параллельных вычислений на ВС с общей памятью. Кластеры и вычислительные системы с распределенной памятью. Использование механизма передачи данных, проблемы оптимизации параллельных вычислений с использованием механизма общей и распределенной памяти.

Тема 8. Общие свойства параллельных алгоритмов.

Полная и неполная параллельность. Особенности выбора способов распараллеливания. Основные алгоритмические методы распараллеливания задач: крупноблочное, мелкозернистое, конвейерное. Изучение параллельной производительности на примере простых алгоритмов функций линейной алгебры.

Свойства параллельных алгоритмов. Полная и неполная параллельность алгоритма. Принципы повторяемости элементарных алгоритмов, совмещения множества операций, разбиения области вычислений на независимые подобласти. Понятие полной и неполной параллельности, примеры задач с полной и неполной параллельностью. Особенности выбора способов распараллеливания. Алгоритмические методы распараллеливания задач. Параллельная производительность. Понятие крупноблочного, мелкозернистого и конвейерного методов распараллеливания. Понятие параллельной производительности, основные принципы

анализа производительности параллельных алгоритмов на примере матрично-векторных операций функций линейной алгебры.

Тема 9. Выполнение расчетов

Общая схема параллельных вычислений при обслуживании потока заявок. Инструментальные средства разработки параллельных приложений в многоядерных системах. Примеры поддержки многопоточности на уровне операционных систем. Технология виртуализации.

Системы пакетного запуска параллельных программ, основные принципы работы. Понятие потока заявок на выполнение параллельных программ. Понятие задания, очередь заданий, критерии выбора заданий из очереди. Примеры систем запуска заданий. Инструментальные средства разработки параллельных приложений. Роль компиляторов, отладчиков и возможностей ОС в разработке параллельных приложений. Механизм виртуализации и его использование.

Применение возможностей параллельных вычислений в задачах математического моделирования на примере разработки параллельного алгоритма расчётного моделирования радиографических изображений.

Задачи радиографии и наукоемкие области применения. Научные направления использования задачи радиографии: физика высоких энергий, медицина. Основные принципы разработки алгоритмов получения изображений в радиографии. Анализ разработанных методик и программных реализаций. Программные средства разработки параллельных алгоритмов задачи радиографии на примере свободно-распространяемой библиотеки классов Geant4 (<http://geant4.cern.ch>).

Программа практических занятий

1. Элементарные топологии сети передачи данных, характеристики. Алгоритмы маршрутизации и методы передачи данных. Архитектура многопроцессорных вычислительных систем. Примеры элементарных топологий, сравнительная характеристика скорости передачи данных на примере элементарных топологий. Алгоритм маршрутизации и методы передачи данных. Типы архитектур многопроцессорных вычислительных систем, особенности реализации параллельных алгоритмов в зависимости от архитектуры многопроцессорных вычислительных систем. Техническая реализация SMP и MPP систем.

2. Оценка максимально достижимого параллелизма. Понятие эффективности параллельных алгоритмов. Анализ масштабируемости параллельных вычислений. Закон Амдаля. Определение эффективности параллельного алгоритма, формула вычисления эффективности. Масштабируемость и масштабируемые алгоритмы. Достижение максимального параллелизма, расчет коэффициента ускорения параллельного алгоритма. Применение закона Амдаля для оценки максимально достижимого параллелизма задачи.

3. Полная и неполная параллельность алгоритмов. Алгоритмические методы распараллеливания задач: крупноблочное, мелкозернистое, конвейерное. Примеры алгоритмов простейших функций линейной алгебры.

Принципы повторяемости элементарных алгоритмов, совмещения множества операций, разбиения области вычислений на независимые подобласти. Примеры задач с полной и неполной параллельностью. Алгоритмические методы распараллеливания задач. Основные принципы анализа производительности параллельных алгоритмов на примере матрично-векторных операций функций линейной алгебры.

4. Инструментальные средства разработки параллельных приложений в многоядерных системах. Основные функциональные блоки алгоритмов планирования и управления выполнением заданий. Роль компиляторов, отладчиков и возможностей ОС в разработке параллельных приложений.

5. Оценка производительности вычислительных систем с использованием стандартных тестов. Факторы, влияющие на скорость исполнения параллельной программы. Методы оценки быстродействия выполнения параллельных программ. Пакеты оценочных тестов.

6. Понятие балансировки нагрузки процессов. Статическая и динамическая балансировка. Определение необходимости выполнения балансировки. Алгоритмы программ балансировки. Примеры статической и динамической балансировок.

7. Применение возможностей параллельных вычислений в задачах математического моделирования на примере разработки параллельного алгоритма расчётного моделирования радиографических изображений. Задачи радиографии и томографии и области их применения. Разработка параллельных алгоритмов получения изображений в радиографии. Программные средства разработки параллельных алгоритмов задачи радиографии. Структура классов и функциональные возможности библиотеки классов Geant4.

Автор(ы):

Киселев Борис Григорьевич, к.т.н., доцент

Густун Олег Николаевич

Рецензент(ы):

Холушкин Владимир Семенович, к.ф.-м.н., доцент