

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы и технологии суперкомпьютерных вычислений

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

09.04.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в области принятия решений

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03 Методы и технологии суперкомпьютерных вычислений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
УК-1: Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1: Демонстрирует знание методов критического анализа проблемных ситуаций с позиций системного подхода. УК-1.2: Демонстрирует умение вырабатывать стратегию действий, направленных на решение проблемных ситуаций. УК-1.3: Демонстрирует наличие практического опыта применения системного подхода к анализу и разрешению конкретных проблемных ситуаций.	УК-1.1: Знать типы, принципы организации, фундаментальные положения, лежащие в основе современных высокопроизводительных систем и параллельных расчетов. УК-1.2: Уметь формулировать требования к алгоритмическому и программному обеспечению с учетом особенностей высокопроизводительных систем. Уметь использовать особенности вычислительных систем при построении параллельных расчетов. УК-1.3: Владеет опытом организации параллельных расчетов и построения параллельных приложений для высокопроизводительных вычислительных систем.	Задания	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-5: Способен планировать и организовывать аналитическую деятельность на всех этапах	ПК-5.1: Демонстрирует знание основных этапов жизненного цикла ИС (ИИС). ПК-5.2: Демонстрирует	ПК-5.1: Знать систематику и принципы формализации высокопроизводительных комплексов, общие принципы	Задачи Задания	Экзамен: Контрольные вопросы

жизненного цикла ИС (ИИС)	<p>умение планировать и организовывать аналитическую деятельность на всех этапах жизненно-го цикла ИС (ИИС).</p> <p>ПК-5.3: Имеет практический опыт планирования и организации аналитической деятельности.</p>	<p>организации параллельных вычислений в вычислительной системе; спецификации, стандарты, правила и рекомендации в области высокопроизводительных вычислений.</p> <p>ПК-5.2: Уметь строить модели типовых и нетипичных параллельных систем и процессов; уметь создавать и отлаживать параллельные коды; проводить эксперименты, оценивать результаты функционирования параллельных программ.</p> <p>ПК-5.3: Владеет опытом построения и адаптации параллельных приложений для конкретных вычислительных систем.</p>		
---------------------------	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	6
Часов по учебному плану	216
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	114
Промежуточная аттестация	36
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	ОФО	ОФО	ОФО	ОФО	ОФО
Тема 1. Введение в проблематику параллельных вычислений	18	3	3	6	12
Тема 2. Архитектура и организация ЭВМ	20	4	4	8	12
Тема 3. Основные классы параллельных вычислительных систем	18	3	3	6	12
Тема 4. Топология вычислительной системы	20	4	4	8	12
Тема 5. Модели вычислительных систем, алгоритмов и процессов	18	3	3	6	12
Тема 6. Распараллеливание последовательных программ	20	4	4	8	12
Тема 7. Синтез алгоритмов для параллельных вычислительных систем	18	3	3	6	12
Тема 8. Простейшие параллельные алгоритмы	20	4	4	8	12
Тема 9. Прикладные задачи и параллельные методы их решения	26	4	4	8	18
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	216	32	32	66	114

Содержание разделов и тем дисциплины

ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМАТИКУ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ. Важность проблемы су-первычислений. Причина развития вычислительных систем. Большие задачи. Класс GRAND CHALLENGES. Примеры задач. Методы повышения быстродействия. Оценка производительности компьютеров. Расчет производительности в LINPACK. Рейтинги суперкомпьютеров. Производительность реальных систем. Понятие архитектуры вычислительной системы. Понятия ЭВМ и ВС. Термин «архитектура системы». Архитектура как набор взаимодействующих компонентов. Архитектура как интерфейс между уровнями физической системы. Многоуровневая компьютерная организация. Параллельные вычисления и способы достижения параллелизма. Понятие алгоритма и программы. Формы параллелизма. Ярусно-параллельная форма программы. Мелкозернистый (скалярный) параллелизм. Крупнозернистый параллелизм и его виды. Векторный параллелизм. Параллелизм независимых ветвей. Параллелизм вариантов. Проблемы использования параллельных вычислительных систем. Потери производительности для организации параллелизма. Существование последовательных вычислений. Зависимость эффективности параллелизма от учета характерных свойств параллельных систем. Сбалансированная работа процессоров. Эффективность переработки последовательных программ для параллельных систем. Проблематика параллельных вычислений и совокупность суперкомпьютерных знаний.

ТЕМА 2. АРХИТЕКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭВМ. Система команд. Уровень физических устройств и цифровой логический уровень. Аппаратная платформа компьютера. Организация аппаратной платформы. Микроархитектура. Микрокод. Архитектура системы команд. Центральный процессор и память. Гарвардская архитектура. Архитектура фон Неймана. Процесс последовательной обработки данных. Скорость выполнения команд процессором. Эволюция микропроцессорных архитектур. Закон Мура и поколения ЭВМ. Аккумулятор. Стек. Регистр. Стековая и Регистровая архитектуры. CISC. RISC. Суперскалярность. VLIW. Технологии ускорения вычислений. Конвейер команд. Внеочередное исполнение. Переименование регистров. Предсказание ветвлений. Кэш. Предвыборка данных. Гиперпоточность и многоядерность. Современные тенденции в архитектуре и технологиях. Архитектура EPIC.

Предпосылки дальнейшего развития. Закон Гроша. Критический порог, технические ограничения. Следствия.

ТЕМА 3. ОСНОВНЫЕ КЛАССЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. Архитектуры вычислительных систем. Фон-неймановские и Не-фон-неймановские архитектуры. Системы с общей и распределенной памятью. Систематика по параллельной обработке данных. SISD компьютеры, SIMD компьютеры, MISD компьютеры, MIMD компьютеры. Систематика по организации общей памяти. Мульти-процессоры. Мультикомпьютеры. Оперативная память. Чередуемая память. Разделяемая память. Распределенная память. Связь между элементами параллельных вычислительных систем. Мультипроцессоры. Способы построения общей памяти. Архитектуры на однородном доступе к памяти (UMA). Проблема однозначности содержимого кэшей. Синхронизация взаимодействия потоков команд. Симметричная мультипроцессорная архитектура (SMP). Массивно-параллельная архитектура (MPP). Гибридные архитектуры на неоднородном доступе к памяти (NUMA). Архитектуры COMA, CC-NUMA, NCC-NUMA. Архитектуры на распределенной общей памяти (DSM). Арифметические ускорители. Мультикомпьютеры. Архитектура многопроцессорных систем с распределенной памятью (NORMA). Массивно-параллельные системы (MPP). Кластеры (clusters). Метакомпьютеры.

ТЕМА 4. ТОПОЛОГИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. Коммуникационная среда. Структурная схема и компоненты. Сетевые адаптеры. Коммуникационные сети. Сетевые коммутаторы. Топологии коммуникационных сетей. Понятие топологии. Сети с фиксированной топологией. Основные характеристики коммуникационных сетей. Производительность, Латентность. Пропускная способность. Масштабируемость. Общая характеристика механизмов передачи данных. Алгоритмы маршрутизации. Методы передачи данных. Анализ трудоемкости операций передачи данных. Пример. Передача данных между двумя процессорами сети. Планирование задач с учетом топологии вычислительной системы. Система управления заданиями. Постановка задачи планирования. Метод быстрого заполнения для линейной топологии и технология перехода к произвольной топологии. Задача минимизации ширины графа. Быстрый алгоритм Катхилла-Макки. Задача оптимального отображения. Задачи оптимального отображения виртуальной топологии на физическую/логическую топологию вычислительной системы. Задачи оптимального отображения параллельных процессов на архитектуру многопроцессорной вычислительной системы. Сложность задач. Задача Балансировки загрузки. Многоуровневый графовый алгоритм балансировки загрузки. Отображение процессов с регулярной структурой на типовые архитектуры мультикомпьютеров. Примеры. Отображение кольца процессов на гиперкуб. Отображение решетки процессов на гиперкуб.

ТЕМА 5. МОДЕЛИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, АЛГОРИТМОВ И ПРОЦЕССОВ. Модели вычислительных систем и параллельные формы алгоритмов. Граф алгоритма и его свойства. Проблема отображения. Модель сетей передачи данных между процессорами. Модели параллельных вычислений. Представление алгоритма в виде диаграммы расписаний. Характеристики вычислительных процессов. Простое и конвейерное функциональное устройство. Загруженность. Производительность. Ускорение. Система устройств. Влияние связей между устройствами. Законы Амдала и следствия. Закон Густавсона-Барсиса. Производительность конвейерных систем. Масштабируемость параллельных вычислений. Верхняя граница времени выполнения параллельного алгоритма. Факторы, влияющие на производительность и способы ее повышения.

ТЕМА 6. РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ. Степени параллелизма. Статическое и динамическое распараллеливание последовательных программ. Методы увеличения параллелизма. Размер базовых блоков и его увеличение. Метод увеличения параллелизма Фишера. Распараллеливание ациклических участков. Построение графа зависимостей по данным. Построение ярусно-параллельной формы программы. Составление по ярусно-параллельной форме параллельной программы. Отображение полученной программы на архитектуру используемой параллельной вычислительной системы. Особенности распараллеливания выражений. Алгоритм автоматического распараллеливания арифметических выражений. Распараллеливание циклических фрагментов программ. Метод параллелизации пипедов. Метод гиперплоскостей. Метод пирамид. Особенности распараллеливания циклов на системах с распределенной памятью.

ТЕМА 7. СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.

Разработка параллельной программы. Построение модели программы. Анализ модели и выявление параллелизма. Разделение вычислений (декомпозиция) на независимые части. Выделение информационных зависимостей. Масштабирование набора подзадач. Распределение подзадач между процессорами. Оценки эффективности распараллеливания. Приемы и методы декомпозиции вычислений. Декомпозиция по данным. Прием дублирования данных. Геометрическое распараллеливание. Распараллеливание без дробления геометрии. Функциональный параллелизм. Распараллеливание по физическим процессам. Алгоритмический параллелизм. Конвейерный параллелизм. «Беспорядочный» параллелизм. Реструктуризация данных. Релаксационные алгоритмы. Алгоритмы с синхронизацией итераций. Самопроизводящиеся задачи. Эффективность распараллеливания программы. Масштабирование задачи. Коэффициент эффективности. Ускорение счета. Использование временных засечек, профилирование. Сложности организации параллельного счета. Проблемы балансировки и перебалансировки. Многофрагментный счет. Отображение сетки обмена сообщениями на параллельную ЭВМ. Проблема параллельного ввода-вывода.

ТЕМА 8. ПРОСТЕЙШИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ. Конвейер. Вычисление суммы последовательности числовых значений. Геометрический параллелизм. Умножение матрицы на вектор. Перемножение матриц.

ТЕМА 9. ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ. Решение СЛАУ методом Гаусса. Проблема заполнения и минимизация ленты матрицы.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 2 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Методы и технологии суперкомпьютерных вычислений" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4383>).

Иные учебно-методические материалы: Теория и практика параллельных вычислений.

Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру.

<http://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции УК-1:

1. ПОДГОТОВКА ДОКЛАДА И ВЫСТУПЛЕНИЕ НА СЕМИНАРЕ. Студент получает тему из области высокопроизводительных вычислений, готовит доклад и 15-минутное выступление на семинаре.

Примеры тем: архитектура EPC, файловые системы высокопроизводительных систем, архитектура многоядерных процессоров, организация кэша центрального процессора и т.п.

2. Анализ трудоемкости передачи данных. По заданной структуре вычислительной сети (топология, сетевые устройства, пропускные способности, латентность, вычислители) и заданной виртуальной топологии требуется рассчитать «стоимость» передачи: от одного процессора до другого, от одного процессора всем остальным процессорам, от всех процессоров всем процессорам сети.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

1. Распараллеливание алгоритма. По последовательному алгоритму (в качестве примера, алгоритм работы клеточного автомата «Жизнь») требуется построить параллельную программу. Построить оценки параллельной реализации.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнена основная часть задания, возможно с незначительными недочетами
не зачтено	Выполнено менее половины задания, есть существенные недочеты

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные

	вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки	задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции УК-1

Понятие архитектуры вычислительной системы, параллельные вычисления и способы достижения параллелизма.
Система команд. Многоуровневая организация. Микроархитектура. Микрокод. Архитектура системы команд.
Центральный процессор и память. Гарвардская архитектура. Архитектура фон Неймана. Процесс последовательной обработки данных. Скорость выполнения команд процессором.
Эволюция микропроцессорных архитектур. Закон Мура и поколения ЭВМ. Аккумулятор. Стек. Регистр. Стековая и Регистровая архитектуры. CISC. RISC. Суперскалярность. VLIW.
Технологии ускорения вычислений. Конвейер команд. Внеочередное исполнение. Переименование регистров.
Технологии ускорения вычислений. Предсказание ветвлений. Кэш. Предвыборка данных. Гиперпоточность и многоядерность.
Современные тенденции в архитектуре и технологиях. Архитектура EPIC.
Предпосылки развития ВС. Закон Гроша. Критический порог, технические ограничения. Следствия.
Архитектуры вычислительных систем. Фон-неймановские и Не-фон-неймановские архитектуры. Системы с общей и распределенной памятью.
Систематика по параллельной обработке данных. SISD компьютеры, SIMD компьютеры, MISD компьютеры, MIMD компьютеры.
Систематика по организации общей памяти. Мультипроцессоры. Мультикомпьютеры.
Оперативная память. Чередуемая память. Разделяемая память. Распределенная память. Связь между элементами параллельных вычислительных систем.
Мультипроцессоры. Способы построения общей памяти. Архитектуры на однородном доступ к памяти (UMA). Проблема однозначности содержимого кэшей. Синхронизация взаимодействия потоков команд.
Мультипроцессоры. Симметричная мультипроцессорная архитектура (SMP).
Мультипроцессоры. Массивно-параллельная архитектура (MPP).
Мультипроцессоры. Гибридные архитектуры на неоднородном доступом к памяти (NUMA). Архитектуры COMA, CC-NUMA, NCC-NUMA.
Мультикомпьютеры. Архитектура многопроцессорных систем с распределенной памятью (NORMA).

Массивно-параллельные системы (MPP). Кластеры (clusters). Метакомпьютеры.
Коммуникационная среда. Структурная схема и компоненты. Сетевые адаптеры. Коммуникационные сети. Сетевые коммутаторы.
Топологии коммуникационных сетей. Понятие топологии. Сети с фиксированной топологией.
Основные характеристики коммуникационных сетей. Производительность, Латентность. Пропускная способность. Масштабируемость.
Общая характеристика механизмов передачи данных. Алгоритмы маршрутизации. Методы передачи данных. Анализ трудоемкости операций передачи данных.
Планирование задач с учетом топологии вычислительной системы. Система управления заданиями. Постановка задачи планирования. Метод быстрого заполнения для линейной топологии и технология перехода к произвольной топологии.
Задача оптимального отображения. Задачи оптимального отображения виртуальной топологии на физическую/логическую топологию вычислительной системы. Задачи оптимального отображения параллельных процессов на архитектуру многопроцессорной вычислительной системы. Сложность задач.
Задача балансировки загрузки. Многоуровневый графовый алгоритм балансировки загрузки.
Отображение процессов с регулярной структурой на типовые архитектуры мультимпьютеров. Отображение кольца процессов на гиперкуб. Отображение решетки процессов на гиперкуб.
Модели вычислительных систем и параллельные формы алгоритмов. Граф алгоритма и его свойства. Проблема отображения. Модель сетей передачи данных между процессорами.
Модели параллельных вычислений. Представление алгоритма в виде диаграммы расписаний.
Характеристики вычислительных процессов. Простое и конвейерное функциональное устройство. Загруженность. Производительность. Ускорение. Система устройств. Влияние связей между устройствами.
Законы Амдала и следствия. Закон Густавсона-Барсиса. Производительность конвейерных систем. Масштабируемость параллельных вычислений. Верхняя граница времени выполнения параллельного алгоритма. Факторы, влияющие на производительность и способы ее повышения.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

Степени параллелизма. Статическое и динамическое распараллеливание последовательных программ.
Методы увеличения параллелизма. Размер базовых блоков и его увеличение. Метод увеличения параллелизма Фишера.
Распараллеливание ациклических участков. Построение графа зависимостей по данным. Построение

ярусно-параллельной формы, составление и отображение параллельной программы на архитектуру вычислительной системы.
Особенности распараллеливание выражений. Алгоритм автоматического распараллеливания арифметических выражений.
Распараллеливание циклических фрагментов программ. Метод параллелепипедов. Особенности распараллеливания циклов на системах с распределенной памятью.
Распараллеливание циклических фрагментов программ. Метод гиперплоскостей. Особенности распараллеливания циклов на системах с распределенной памятью.
Распараллеливание циклических фрагментов программ. Метод пирамид. Особенности распараллеливания циклов на системах с распределенной памятью.
Цикл и основные этапы разработки параллельной программы.
Приемы и методы декомпозиции вычислений. Декомпозиция по данным. Приём дублирования данных. Функциональный параллелизм.
Приемы и методы декомпозиции вычислений. Геометрическое распараллеливание. Распараллеливание без дробления геометрии. Алгоритмический параллелизм. Конвейерный параллелизм.
Приемы и методы декомпозиции вычислений. «Беспорядочный» параллелизм. Реструктуризация данных. Релаксационные алгоритмы. Алгоритмы с синхронизацией итераций. Самопроизводящиеся задачи.
Эффективность распараллеливания программы. Масштабирование задачи. Коэффициент эффективности. Ускорение счета.
Эффективность распараллеливания программы. Использование временных засечек, профилирование. Сложности организации параллельного счета.
Эффективность распараллеливания программы. Проблемы балансировки и перебалансировки. Многофрагментный счет. Отображение сетки обмена сообщениями на параллельную ЭВМ. Проблема параллельного ввода-вывода.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопросы.
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами.
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами.
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.
плохо	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Параллельные вычисления и многопоточное программирование / Биллиг В.А. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663355&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Николаев Е. И. Параллельные вычисления : учебное пособие. направление подготовки 09.04.02 - информационные системы и технологии. магистратура / Николаев Е. И. - Ставрополь : СКФУ, 2016. - 185 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции СКФУ - Информатика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=731399&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. А.С. Антонов. Введение в параллельные вычисления. Методическое пособие. <http://hpc.ssau.ru/files/doc/antonov-02.pdf>
2. Материалы к курсу «Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование» http://www.hpcc.unn.ru/mskurs/RUS/HTML/cs338_ppr_materials.htm
3. Введение в методы параллельного программирования. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/1021/284/info>
4. Архитектура параллельных вычислительных систем. Бесплатный курс для самообразования на официальном сайте Интуит.ру. <http://www.intuit.ru/studies/courses/80/80/info>
5. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
6. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом.
7. Среда разработки семейства MicrosoftVisualStudio, лицензия по подписке MicrosoftImagine.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими

средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 09.04.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Старостин Николай Владимирович, доктор технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Прилуцкий Михаил Хаимович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.