**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория и практика распараллеливания в OpenMP

Theory and Practice of Parallel Computing in OpenMP

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 3

Регистрационный номер рабочей программы: 002925

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Освоение обучающимися фундаментальных знаний в области теории параллельных вычислений, параллельных алгоритмов и применения соответствующего математического аппарата при распараллеливании вычислительных процессов

Данная дисциплина формирует подготовку бакалавра в области высокоэффективных вычислений на современных вычислительных системах и представляет собой комплекс знаний, умений и навыков, позволяющих овладеть основами параллельных вычислений на современных многоядерных компьютерах, овладеть основами интервального анализа, а также углубить знания о погрешностях вычислений, связанных с машинной арифметикой.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь предварительную подготовку по дисциплинам - численные методы и программирование в объеме двух курсов и владеть базовыми навыками работы с компьютером.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Курс включает в себя следующие аспекты: особенности распараллеливания на системах с общей и распределенной памятью, развитие достоверных вычислений и международное сообщество специалистов, арифметическая и вычислительная надежность, аналитическая подготовка вычислительных задач к применению верификационной техники, практическая реализация этих алгоритмов с учетом машинной арифметики.

Выпускник должен знать содержание дисциплины «Теория и практика распараллеливания в OpenMP» и иметь представление о возможностях применения методик и технологий, изложенных в разделах курса, в различных прикладных областях науки и техники.

Курс «Теория и практика распараллеливания в OpenMP» синтезирует методы информатики, программирования и численных методы в решении широкого круга задач, возникающих в современных прикладных областях науки и техники.

|  |  |
| --- | --- |
| ПКП-1 | Способность проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности |
| ПКП-2 | Способен решать задачи в области развития науки, техники и технологии с учетом нормативного правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности |
| ПКП-4 | Способен применять современные информационные технологии при проектировании, реализации, оценке качества и анализа эффективности программного обеспечения для решения задач в различных предметных областях |
| ПКП-5 | Способен использовать основные методы и средства автоматизации проектирования, реализации, испытаний и оценки качества при создании конкурентоспособного программного продукта и программных комплексов, а также способен использовать методы и средства автоматизации, связанные с сопровождением, администрированием и модернизацией программных продуктов и программных комплексов |
| ПКП-6 | Способен использовать знания направлений развития компьютеров с традиционной (нетрадиционной) архитектурой; современных системных программных средств: операционных систем, операционных и сетевых оболочек, сервисных программ; тенденции развития функций и архитектур проблемно-ориентированных программных систем и комплексов в профессиональной деятельности |
| ПКП-8 | Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования |

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

По данной дисциплине возможно использование различных компьютерных программ, которые наглядно демонстрируют распараллеливание в OpenMP.

По желанию, при рассмотрении части тем, применяется мультимедиа – проектор для проведения презентаций и демонстрации других материалов занятий. Курс «Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления» дает бакалавру представление о распараллеливании в OpenMP, позволяющее изучать более подробно и предметно другие понятия информатики и программирования. Дисциплина «Теория и практика распараллеливания в OpenMP» является специальным семинаром в подготовке бакалавров по направлению «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» Аудиторная учебная работа: семинары в объеме 2 часа в неделю в 5-м учебном семестре в компьютерном классе. Самостоятельная работа с использованием методических материалов: индивидуальная работа с рекомендованной основной и дополнительной литературой по распараллеливанию в OpenMP.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 5 |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 73 |  | 3 |  | 30 | 3 |
|  |  | 1-15 |  |  |  |  |  |  | 1-15 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 73 |  | 3 |  |  | 3 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обученияочная | | | | | | |
| Семестр 5 |  |  | зачёт, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

**Модуль 1. Теория и практика распараллеливания в OpenMP**

Тема 1. Особенности распараллеливания на системах с общей и распределенной памятью (20 часов семинаров).

Законы Амдала. Ускорение вычислений. Погрешности вычислений и верификация результата.

Трудности перехода от последовательных программ к параллельным. Конвертирование программы на языке Maple и Matlab в Си. Работа в Visual Studio.

Основные типы суперкомпьютеров. Особенности программирования на системах с общей и распределенной памятью. Гибридные системы. Современные компиляторы программ. Технология программирования Open MP. Использование Open MP для вычислительных процессов.

Директивы. Переменные окружения. Синхронизация. Параллельные секции и их вложенность. Распределение работы. Программирование на низком уровне. Параллелизм независимых фрагментов. Классы переменных. Критическая секция.

Решение задачи Дирихле. Особенности применения алгоритмов Гаусса-Зейделя, Якоби.  
Различные схемы вычислений (волновая схема), методы решения систем линейных уравнений: Гаусса, циклической редукции, квадратного корня, релаксации. Особенности реализации на СИ и Фортране.

Распараллеливание методов вычисления собственных значений матрицы.

Параллельные методы решения задачи Коши. Параллельная реализация метода Рунге-Кутта. Параллельные алгоритмы методов Адамса.

Решение задач теплопроводности с помощью явных и неявных разностных схем на системе с общей памятью.

Тема 2. Практическая реализация параллельных алгоритмов методов вычислительной математики (10 часов семинаров).

Вычисление времени счета. Ускорение. Эффективность.

Типы параллелизма. Параллелизм данных; функциональный параллелизм; геометрический параллелизм; алгоритмический параллелизм; конвейерный параллелизм; «беспорядочный» параллелизм.

Стена Фокса.

Практическое распараллеливание различных алгоритмов.

Работа с векторами. Работа с матрицами. Способы повышения производительности умножения матриц. Распараллеливание операции умножения матриц.

Методы решений линейных уравнений.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

По курсу «Теория и практика распараллеливания в OpenMP» предусмотрено проведение семинаров. Все студенты должны быть обеспечены литературой, рекомендованной по курсу.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При выполнении самостоятельной работы обучающемуся необходимо знать содержание курса, уметь формулировать определения основных понятий, уметь применять различные методы для решения конкретных задач. При подготовке к самостоятельной работе целесообразно использовать рекомендованную обязательную и дополнительную литературу, а также сведения из сети Интернет.

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

Вычислить время выполнения последовательной и параллельной программы.

Вычислить ускорение и эффективность.

Распараллелить вычисления на несколько потоков. Сравнить результаты и объяснить результат.

Разработать параллельный алгоритм для предложенного метода. Объяснить причину, если это невозможно

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

По дисциплине «Теория и практика распараллеливания в OpenMP» в течение учебного периода проводятся семинары с выступлением обучающихся по теме, рекомендованной преподавателем или выбранной обучающимся из числа предложенных. В процессе обучения каждый студент снабжается набором задач и вопросов, которые необходимо уметь решать и знать. Для получения зачета нужно выступить с докладом и представить алгоритм (последовательный и параллельный) решения задачи.

Зачет ставится по результатам работы в семестре, во время которой студент должен успешно выступить с докладом за умение правильно изложить материал и ответы на вопросы, за участие в обсуждении тем на занятиях.

A – сделано два доклада с презентацией, уровень докладов показывает отличное владение материалом.

B – сделано два доклада, уровень докладов показывает очень хорошее владение материалом.

C – сделано два доклада, уровень докладов показывает хорошее владение материалом.

D – сделано два доклада, уровень докладов показывает удовлетворительное владение материалом.

E – сделан один доклад, уровень доклада показывает посредственное владение материалом.

F – не сделано ни одного доклада.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Примерный перечень тем докладов и вопросов для обсуждения

Законы Амдала. Ускорение вычислений. Погрешности вычислений и верификация результата.  
Ускорение. Эффективность. Типы параллелизма. Стена Фокса. «Укладка паркета».

Суперкомпьютеры. Особенности программирования на системах с общей и распределенной памятью. Гибридные системы. Технология программирования Open MP. Директивы. Переменные окружения. Синхронизация. Параллельные секции и их вложенность. Распределение работы. Программирование на низком уровне. Параллелизм независимых фрагментов. Классы переменных. Критическая секция.

Конвертирование программы в пакете MAPLE из Maple в Си.

Работа с векторами. Работа с матрицами. Способы повышения производительности умножения матриц. Распараллеливание операции умножения матриц. Распараллеливание умножения матрицы на вектор.

Алгоритмы распараллеливания. Решение задачи Дирихле. Особенности применения алгоритмов Гаусса-Зейделя, Якоби. Различные схемы вычислений (волновая схема), методы распараллеливания решения систем линейных уравнений: Гаусса, циклической редукции, квадратного корня, релаксации. Распараллеливание методов вычисления собственных значений матрицы. Параллельные методы решения задачи Коши. Параллельная реализация метода Рунге-Кутта. Параллельные алгоритмы методов Адамса. Решение задач теплопроводности с помощью явных и неявных разностных схем на системе с общей памятью.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки содержания и качества учебного процесса может применяться тестирование в соответствии с методикой и графиком, утверждаемым в установленном порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К преподаванию дисциплины могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Специальных требований нет.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Для проведения занятий желательно выделение компьютерного класса и/или аудитории для проведения интерактивных семинаров: видеопроектор, экран настенный, др. оборудование.

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Программное обеспечение общего пользования должно быть не ниже MS Office 2003.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Рабочие места преподавателя и студентов должны быть оснащены оборудованием не ниже: Core 2 Duo-2GHz/ОЗУ-512 Мб / Video-32 Мб / HDD 80 Гб / DVD±RW / Network adapter – 10/100 Мбс / SVGA – 17”.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

При использовании электронных учебных пособий каждый обучающийся во время занятий и самостоятельной подготовки должен быть обеспечен рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет и корпоративную сеть факультета. Лаборатории (компьютерные классы) должны быть обеспечены необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

Специализированное программное обеспечение для компьютерных классов: пакет Maple, Visual Studio, Parallel Studio (по возможности).

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски, флеш-накопители и др. в объёме, необходимом для организации и проведения занятий, по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб., 2002.

2. Саад Ю. Итерационные методы для разреженных линейных систем. М.:MГУ.2013.

3. Кепнер Дж. Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоузловых вычислительных машин. М.: MГУ. 2013.

4. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы. Учебное пособие.СПб., 2014.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Бурова И.Г., Демьянович Ю.К. Теория минимальных сплайнов. СПб., 2000.

2. Фаддеев Д.К., Фаддеева В.Н. Численные методы линейной алгебры.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

Нет.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Бурова Ирина Герасимовна, д.ф-м.н., профессор кафедры вычислительной математики, burovaig@mail.ru, 428-42-12