**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления

Paralleling in OpenMP and Interval Computations

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 4

Регистрационный номер рабочей программы: 002227

**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 «Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления» и иметь представление о возможностях применения методик и технологий, изложенных в разделах курса, в различных прикладных областях науки и техники.

Курс «Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления» 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 и интервальные вычисления.

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 и интервальных вычислениях, позволяющее изучать более подробно и предметно другие понятия информатики и программирования. Дисциплина «Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления» является специальным курсом в подготовке бакалавров по направлению «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» профиля 3 «Параллельное программирование».

Аудиторная учебная работа: лекции в объеме 2 часа в неделю в 5-м учебном семестре.

Самостоятельная работа с использованием методических материалов: индивидуальная работа с рекомендованной основной и дополнительной литературой по распараллеливанию в OpenMP и интервальным вычислениям.

**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 | 32 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 72 |  | 36 |  | 4 | 4 |
|  | 2-15 |  | 2-15 |  |  |  |  |  | 2-15 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО | 32 |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 72 |  | 36 |  |  | 4 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 обучения очная | | | | | | |
| Семестр 5 |  |  | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

**Модуль 1. Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления**

Тема 1. Особенности распараллеливания на системах с общей и распределенной памятью (16 часов лекций).

Погрешности при вычислениях на ЭВМ. Моделирование возникновения погрешностей с помощью пакета Maple.

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

Особенности программирования на системах с общей и распределенной памятью. Технология программирования Open MP. Использование OpenMP для вычислительных процессов.

Директивы. 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, волновой схемы вычислений.

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

Решение задач теплопроводности с помощью явных и неявных разностных схем.

Практическая реализация параллельных алгоритмов методов вычислительной математики. Практическое распараллеливание различных алгоритмов. Работа с векторами. Работа с матрицами. Способы повышения производительности умножения матриц. Распараллеливание операции умножения матриц. Методы решений линейных уравнений.

Тема 2. Интервальный анализ (16 часов лекций).

Вещественная интервальная арифметика. Расстояние на множестве вещественных интервалов. Ширина интервала.

Интервальное оценивание. Локализация нулей функции одной вещественной переменной.

Интервальная модификация метода Ньютона.

Комплексная интервальная арифметика. Прямоугольники в качестве комплексных интервалов. Круги в качестве комплексных интервалов. Операции. Равенство, включение и сложение, ширина, расстояние и абсолютная величина. Метрика.

Интервальные векторы и матрицы.

Обобщенная интервальная арифметика.

Арифметика чисел с плавающей точкой. Машинная интервальная арифметика.

Основы верификации вычислений.

Вычисление полиномов.

Дифференцирование.

Решение нелинейных уравнений.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

По курсу «Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления» предусмотрено чтение лекций. Все обучающиеся 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:

Разработать параллельный алгоритм для решения задачи Коши.

Нарисовать схему распараллеливания задачи теплопроводности.

Объяснить технику работы с разреженными и плотными матрицами.

Вычислить время выполнения, ускорение и эффективность параллельной программы.

Выполнить интервальное оценивание функции.

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

Методика проведения текущего контроля:

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.

Методика проведения промежуточной аттестации:

По дисциплине «Распараллеливание в OpenMP и интервальные вычисления» в течение обучения проводятся устные опросы и экзамен. В процессе обучения каждый студент снабжается набором задач и вопросов, которые необходимо уметь решать и знать для положительной оценки по аттестации.

Обучающийся отвечает на вопросы билета. В билете два вопроса.

Оценка «отлично» «A» на экзамене ставится за правильные ответы на вопросы билета и активное владение материалом курса в целом.

Оценка «хорошо» «B» на экзамене ставится за правильные в целом ответы на вопросы билета и знание основных тем курса.

Оценка «хорошо» «C» ставится за неполные ответы на вопросы билета при наличии не слишком грубых ошибок.

Оценка «удовлетворительно» «D» ставится за неполный ответ на один из вопросов билета при наличии не слишком грубых ошибок.

Оценка «удовлетворительно» «E» ставится за неполный ответs на все вопросы билета при наличии не слишком грубых ошибок.

Оценка «F» ставится за наличие грубых ошибок

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

Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

1. Разработать параллельный алгоритм для решения задачи Коши
2. Нарисовать схему распараллеливания задачи Теплопроводности
3. Объяснить технику работы с разреженными и плотными матрицами
4. Вычислить время выполнения, ускорение и эффективность параллельной программы
5. Выполнить интервальное оценивание функции

Примерный перечень вопросов к экзамену

Погрешности при вычислениях на ЭВМ.

Трудности перехода от последовательных программ к параллельным.

Особенности программирования на системах с общей и распределенной памятью.

Директивы. Параллельные секции и их вложенность. Распределение работы.

Параллелизм независимых фрагментов. Классы переменных. Критическая секция.

Решение задачи Дирихле. Особенности применения алгоритмов Гаусса-Зейделя, Якоби, волновой схемы вычислений.

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

Решение задач теплопроводности с помощью явных и неявных разностных схем.

Практическая реализация параллельных алгоритмов методов вычислительной математики. Практическое распараллеливание различных алгоритмов.

Вещественная интервальная арифметика.

Интервальное оценивание. Локализация нулей функции одной вещественной переменной.

Интервальная модификация метода Ньютона.

Комплексная интервальная арифметика. Прямоугольники в качестве комплексных интервалов. Круги в качестве комплексных интервалов. Операции. Равенство, включение и сложение, ширина, расстояние и абсолютная величина. Метрика.

Интервальные векторы и матрицы.

Обобщенная интервальная арифметика.

Арифметика чисел с плавающей точкой. Машинная интервальная арифметика.

Основы верификации вычислений.

Вычисление полиномов.

Дифференцирование.

Решение нелинейных уравнений.

Примерный вид задач к экзамену и опросу на занятиях

1. Привести пример выражения, для которого не удается получить всюду определенный интервальный аналог путем простой замены операций и операндов.
2. Получить интервальную оценку для x(1-x) и X=[0,1]

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

Специальных требований нет.

**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 лекций: 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. Алефельд Г., Херцбергер Ю. Введение в интервальные вычисления...М: Мир, 1987, 360 с. <http://edu-lib.net/>.

2. Демьянович Ю.К., Бурова И.Г., Евдокимова Т.О., Иванцова О.Н., Мирошниченко И.Д. Параллельные алгоритмы. Разработка и реализация. М. Интуит. 2012. 344 с

3. Бурова И.Г., Демьянович Ю.К. Алгоритмы параллельных вычислений и программирование. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2007.

4. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

Нет.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

Нет.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Бурова Ирина Герасимовна, доктор ф-м.наук, профессор кафедры вычислительной математики, buovaig@mail.ru, 428-42-12.