**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Параллельные алгоритмы численного моделирования

Parallel Algorithms of Numerical Simulation

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 2

Регистрационный номер рабочей программы: 038182

Санкт-Петербург

2020

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Дать обучающимся достаточно полное представление о принципах составления и исследования параллельных форм алгоритмов, используемых в современных методах численного моделирования, заложив тем самым основу для самостоятельной работы в этой области.

Результатами учебных занятий являются: освоение фундаментальных знаний в области численного моделирования и параллельного программирования, формирование навыков использования полученных фундаментальных знаний при исследовании и составлении параллельных алгоритмов и решении задач численного моделирования на высокопроизводительных вычислительных системах.

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

Дисциплина рассчитана на обучающихся, изучавших в пределах бакалаврской подготовки параллельное программирование, вычислительную математику, численные методы и владеющих навыками работы с компьютером.

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

В процессе изучения дисциплины обучающиеся приобретают следующие

***знания***

* базовые алгоритмы численного анализа, условия их применимости и теоретические оценки трудоемкости;

***умения***

* применять теоретические знания и практические навыки для решения типовых задач на высокопроизводительных вычислительных системах в профессиональной деятельности и практической работе;
* владеть методами анализа трудоемкости параллельных алгоритмов;

***навыки***

* реализации методов численного анализа на параллельных системах и проведения теоретических оценок эффективности полученных параллельных программ.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

ОПК-1 – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности,

ОПК-3 – Способен применять современные информационные технологии, в том числе отечественные, при создании программных продуктов и программных комплексов различного назначения,

ОПК-4 – Способен участвовать в разработке технической документации программных продуктов и программных комплексов,

ОПК-5 – Способен инсталлировать и сопровождать программное обеспечение для информационных систем и баз данных, в том числе отечественного производства,

ПКА-1 – Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий,

ПКП-1 – Способность проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности,

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,

УКБ-3 – Способен понимать сущность и значение информации в развитии общества, использовать основные методы получения и работы с информацией с учетом современных технологий цифровой экономики и информационной безопасности.

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

Объём занятий в активных и интерактивных формах: 28 ак.ч. —семинары.

**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 6 |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 32 |  | 8 |  | 28 | 2 |
|  |  | 1-25 |  |  |  |  |  |  | 1-25 |  |  |  | 1-1 |  | 1-1 |  |  |  |
| ИТОГО |  | 30 |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  | 32 |  | 8 |  |  | 2 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 6 |  |  | зачёт, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

**Базовый курс Основная траектория Очная форма обучения**

Период обучения: **Семестр 6**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | | |
| **№ п.п.** | | **Наименование темы (раздела, части)** | **Вид учебных занятий** | **Кол-во часов** |
| 1 | | Тема 1. Основные понятия. Характеристики вычислительных процессов. | лекции | 0 |
| семинары | 4 |
| практические занятия | 0 |
| по методическим материалам | 6 |
| 2 | | Тема 2. Математически эквивалентные преобразования. | лекции | 0 |
| семинары | 4 |
| практические занятия | 0 |
| по методическим материалам | 6 |
| 3 | | Тема 3. Ошибки округления и их влияние на вычислительный процесс. | лекции | 0 |
| семинары | 5 |
| практические занятия | 0 |
| по методическим материалам | 6 |
| 4 | | Тема 4. Приближенное вычисление многократных интегралов и его распараллеливание. | лекции | 0 |
| семинары | 6 |
| практические занятия | 0 |
| по методическим материалам | 7 |
| 5 | | Тема 5. Некоторые методы линейной алгебры и их распараллеливание. | лекции | 0 |
| семинары | 8 |
| практические занятия | 0 |
| по методическим материалам | 6 |
| 6 | | Тема 6. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье. | лекции | 0 |
| семинары | 3 |
| практические занятия | 0 |
| по методическим материалам | 1 |
| 7 | | Промежуточная аттестация | зачет | 2 |
| самостоятельная работа | 8 |
| **Итого** | | | | **72** |

**Тема 1. Основные понятия. Характеристики вычислительных процессов.**

Граф алгоритма. Параллельная форма алгоритма. Абстрактная модель параллельной системы. Загруженность. Производительность. Ускорение. Законы Амдала и следствия из них.

**Тема 2. Математически эквивалентные преобразования.**

Математически эквивалентные преобразования. Устойчивость. Число операций. Параллелизм. Граф алгоритма и ошибки округления.

**Тема 3. Ошибки округления и их влияние на вычислительный процесс.**

Позиционные системы счисления. Ошибки округления. Фиксированная и плавающая запятые.

**Тема 4. Приближенное вычисление многократных интегралов и его распараллеливание.**

Параллельное вычисление определенного интеграла. Параллельное вычисление многократного интеграла методом Монте-Карло.

**Тема 5. Некоторые методы линейной алгебры и их распараллеливание.**

Распараллеливание умножения матрицы на вектор. Распараллеливание перемножения матриц. Об LU-разложении. Распараллеливание LU-разложения трехдиагональной матрицы. Распараллеливание отыскания обратной матрицы. Метод исключения Гаусса, разложение Холецкого, метод прогонки, метод простой итерации, метод верхней релаксации, метод сопряженных градиентов. Способы их распараллеливания.

**Тема 6. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье.**

Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Успешное освоение дисциплины возможно благодаря посещению семинаров, участию в обсуждении вопросов, подготовленных к занятию, самостоятельной работе, включающей в себя чтение специальной литературы по разделам темы, подготовка презентаций по тематике курса.

**3.1.2. Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающихся в рамках данной дисциплины является важным компонентом обучения, предусмотренным компетентностно-ориентированным учебным планом и рабочей программой учебной дисциплины.

Настоящей программой предусмотрены формы самостоятельной работы с использованием методических материалов.

Одна из форм самостоятельной работы – это подготовка презентаций и сообщений по тематике курса и источникам, указанным в обязательной, дополнительной литературе и интернет-источниках, указанных в данной программе.

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

*Методика проведения зачета*

Зачет выставляется по результатам работы в семестре на зачетном занятии.

Для получения отметки «зачтено» необходимо, чтобы были зачтены задания по всем темам.

На зачет отводится 2 академических часа. Во время проведения зачета обучающемуся предоставляется возможность выполнить задания по всем темам, которые не были зачтены в результате проведения текущего контроля успеваемости. Задания можно выполнять в произвольном порядке.

Вторая и третья (с комиссией) попытка сдачи зачета по процедуре проведения аналогична зачетному занятию. При сдаче зачета с комиссией работа проверяется не одним, а тремя преподавателями. Преподаватель, проводивший текущий контроль успеваемости предоставляет комиссии все материалы по текущему контролю успеваемости обучающегося.

Зачет ставится по результатам работы в семестре:

**A** – сделано два доклада, 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** – сделано два доклада, уровень докладов показывает посредственное владение материалом.

**F** – не сделано два доклада.

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

*Примерный краткий перечень вопросов к зачету.*

1. Граф алгоритма. Параллельная форма алгоритма. Абстрактная модель параллельной системы.
2. Загруженность. Производительность. Ускорение.
3. Законы Амдала и следствия из них.
4. Математически эквивалентные преобразования. Устойчивость.
5. Число операций. Параллелизм.
6. Граф алгоритма и ошибки округления.
7. Позиционные системы счисления. Ошибки округления.
8. Фиксированная и плавающая запятые.
9. Параллельное вычисление определенного интеграла.
10. Параллельное вычисление многократного интеграла методом Монте-Карло.
11. Распараллеливание умножения матрицы на вектор.
12. Распараллеливание перемножения матриц. Об LU-разложении.
13. Распараллеливание LU-разложения трехдиагональной матрицы.
14. Распараллеливание отыскания обратной матрицы.
15. Метод исключения Гаусса.
16. Разложение Холецкого.
17. Метод прогонки.
18. Метод простой итерации.
19. Метод верхней релаксации.
20. Метод сопряженных градиентов.
21. Параллельная реализация дискретного преобразования Фурье.

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

Для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса применяется анкетирование в соответствии с методикой и графиком, утвержденными 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 проведению учебных занятий привлекаются преподаватели, имеющие базовое образование и/или ученую степень, соответствующую профилю преподаваемой дисциплины.

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

Не требуется

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

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

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран, др. оборудование.

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

Не предусмотрено.

**3.3.3. Характеристики специализированного оборудования**

Не требуется

**3.3.4. Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не предусмотрено.

**3.3.5. Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Фломастеры цветные, губки, бумага формата А3 (для блокнота-доски), канцелярские товары в объеме, необходимом для организации и проведения занятий по заявкам преподавателей, подаваемым в установленные сроки, доступ преподавателя и обучающихся в компьютерные классы.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1. Список обязательной литературы**

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
2. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. М.: Изд-во МГУ, 2010.
3. Бурова И.Г., Демьянович Ю.К. Алгоритмы параллельных вычислений и программирование. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007.
4. И.Г. Бурова, Ю.К. Демьянович, Т.О. Евдокимова, О.Н. Иванцова, И.Д. Мирошниченко Параллельные алгоритмы. Разработка и реализация. Учебное пособие. М., Национальный открытый университет Интуит-Бином. Лаборатория знаний. 2012, 343с.

**3.4.2. Список дополнительной литературы**

1. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. М.: БИНОМ, 2007.
2. Баркалов К.А. Методы параллельных вычислений. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2011.

**3.4.3. Перечень иных информационных источников**

1. <http://www.intuit.ru>.
2. <http://www.hpcu.ru>.
3. <http://parallel.ru>.

**Раздел 4. Разработчики программы**

Макаров Антон Александрович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры параллельных алгоритмов, a.a.makarov@spbu.ru