



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных

направление подготовки/специальность 09.03.02 Информационные системы и технологии

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Информационные системы и технологии

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются овладение принципами разработки программных комплексов высокопроизводительных вычислений, изучение основных алгоритмов параллельных вычислений и особенностей программирования для суперкомпьютеров.

Задачами освоения дисциплины являются изучение инструментов разработки программного обеспечения для суперкомпьютеров, разработка параллельных алгоритмов, организация параллельных вычислений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП |
|---|---|---|
| ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения в области информационных систем и технологий | ОПК-6.1 Разрабатывает алгоритм решения задачи в соответствии с техническим заданием | знает – особенности архитектуры современных ЭВМ, связанные с высокопроизводительными вычислениями; – методы и технологии параллельного программирования для суперкомпьютеров; – параллельные алгоритмы обработки данных умеет – разрабатывать алгоритмы для высокопроизводительных вычислений; – оценивать эффективность параллельных алгоритмов обработки данных владеет – навыками применения технологий параллельного программирования для реализации высокоэффективных вычислений – навыками применения классических параллельных алгоритмов в решении практических задач |

| | | |
|--|--|---|
| <p>ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения в области информационных систем и технологий</p> | <p>ОПК-6.2 Разрабатывает программу в соответствии с алгоритмом</p> | <p>знает</p> <ul style="list-style-type: none"> – особенности разработки приложений для параллельных и распределенных вычислений в соответствии с алгоритмом; – особенности подготовки тестов для проверки корректности реализации параллельного алгоритма обработки данных <p>умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – разрабатывать высокопроизводительное ПО для проведения вычислений с использованием многопроцессорных систем <p>владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокопроизводительного программирования для реализации параллельных и распределенных вычислений в соответствии с алгоритмом |
| <p>ОПК-7 Способен осуществлять выбор платформ и инструментальных программно-аппаратных средств для реализации информационных систем</p> | <p>ОПК-7.2 Составляет требования к аппаратным средствам для реализации информационных систем</p> | <p>знает</p> <ul style="list-style-type: none"> – аппаратные и программные средства для реализации параллельных и распределенных информационных систем; – актуальные решения в сфере аппаратного обеспечения высокопроизводительных вычислений <p>умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбирать и настраивать аппаратное и программное обеспечение для высокопроизводительных вычислений <p>владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбора и настройки аппаратного и программного обеспечения для реализации высокопроизводительных вычислений |

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.32 основной профессиональной образовательной программы 09.03.02 Информационные системы и технологии и относится к обязательной части учебного плана.

| № п/п | Предшествующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|-----------------------------------|--|
| 1 | Численные методы | ОПК-1.2, ОПК-6.1 |
| 2 | Архитектура ЭВМ и язык Ассемблера | ОПК-5.1, ОПК-7.2 |
| 3 | Программирование для ЭВМ | ОПК-3.1, ОПК-6.1, ОПК-6.2 |

Численные методы
 Архитектура ЭВМ и язык Ассемблера
 Программирование для ЭВМ

знать

- основы архитектуры ЭВМ;
- язык программирования высокого уровня;
- алгоритмы численных методов решения прикладных задач;

уметь

- разрабатывать программы на языках программирования высокого уровня;
- реализовывать алгоритмы численных методов;

владеть

- навыками разработки прикладных программ;
- навыками реализации алгоритмов численных методов решения прикладных задач

| № п/п | Последующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|---|--|
| 1 | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы | УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.4, УК-5.5, УК-5.6, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5 |
| 2 | Проектная практика | ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.3, ПК-3.2 |

| | | |
|---|---|--|
| 3 | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы | УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.4, УК-5.5, УК-5.6, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5 |
| 4 | Проектная практика | ПК-1.1, ПК-2.1, ПК-2.3, ПК-3.2 |

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

| Вид учебной работы | Всего часов | Из них часы на практическую подготовку | Семестр |
|---|-------------|--|---------|
| | | | 7 |
| Контактная работа | 32 | | 32 |
| Лекционные занятия (Лек) | 16 | 0 | 16 |
| Практические занятия (Пр) | 16 | 0 | 16 |
| Иная контактная работа, в том числе: | | | |
| консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР) | | | |
| контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР)) | | | |
| контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача экзамена) | | | |
| Часы на контроль | 4 | | 4 |
| Самостоятельная работа (СР) | 36 | | 36 |
| Общая трудоемкость дисциплины (модуля) | | | |
| часы: | 72 | | 72 |
| зачетные единицы: | 2 | | 2 |

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

| | | | | | | | | | | |
|------|-----------------|---|--|--|--|--|--|--|---|---------------------------------|
| 4.1. | Зачет с оценкой | 7 | | | | | | | 4 | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 |
|------|-----------------|---|--|--|--|--|--|--|---|---------------------------------|

5.1. Лекции

| № разд | Наименование раздела и темы лекций | Наименование и краткое содержание лекций |
|--------|--|--|
| 1 | Параллельная обработка информации и проблемы повышения производительности и эффективности использования вычислительной техники | <p>Параллельная обработка информации и проблемы повышения производительности и эффективности использования вычислительной техники</p> <p>Введение в параллельное и распределенное программирование. Преимущества. Модель PRAM. Классификация Флинна.</p> <p>Виды параллелизма Распараллеливание вычислений на уровне инструкций, подпрограмм, объектов, приложений.</p> <p>Модели параллельного и распределенного программирования.</p> <p>Архитектура высокопроизводительных ЭВМ. Многопроцессорные вычислительные системы с общей и распределенной памятью (мультипроцессоры и мультикомпьютеры). Многоядерность. Типовые топологии схем коммутации. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.</p> <p><u>Проблемы параллельного и распределенного программирования.</u></p> |
| 2 | Моделирование и анализ параллельных вычислений | <p>Моделирование и анализ параллельных вычислений</p> <p>Модель вычислений в виде графа «операции-операнды». Показатели времени выполнения параллельного алгоритма. Оценка эффективности и трудоемкости параллельных вычислений. Оценка максимально достижимого параллелизма. Анализ масштабируемости. Моделирование параллельных программ. Принципы разработки параллельных алгоритмов</p> |
| 3 | Технология OpenMP | <p>Технология OpenMP</p> <p>Технология OpenMP для систем с общей памятью</p> <p>Общая характеристика технологии OpenMP. Формат записи директив. Типы директив. Определение параллельной области. Формат директивы parallel. Пример использования директивы parallel. Управление областью видимости данных. Распределение вычислений между потоками. Проблемы синхронизации, взаимоблокировки. Совместимость директив и их параметров.</p> |
| 4 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (задачи линейной алгебры) | <p>Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (задачи линейной алгебры)</p> <p>Схемы распараллеливания алгоритмов решения задач линейной алгебры: способы разбиения матриц; вычисление произведения матрицы на вектор, матрицы на матрицу; алгоритмы решения СЛАУ (распараллеливание алгоритмов методов Гаусса, сопряженных градиентов). Оценка эффективности параллельных алгоритмов решения задач линейной алгебры</p> |
| 5 | Технологии организации эффективных параллельных вычислений | <p>Технологии организации эффективных параллельных вычислений</p> <p>Понятия процесса, потока, ресурса. Организация программ как системы потоков. Алгоритмы взаимоисключения. Семафоры. Мониторы. Синхронизация потоков. Взаимоблокировка потоков. Классические задачи синхронизации. Методы повышения эффективности параллельных программ.</p> |
| 6 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач | <p>Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (сортировка данных)</p> <p>Параллельные алгоритмы сортировки данных. Пузырьковая</p> |

| | | |
|---|---|--|
| | (сортировка данных) | сортировка, сортировка Шелла, быстрая сортировка. Оценка эффективности параллельных алгоритмов сортировки данных |
| 7 | Обзор технологий организации высокоэффективных вычислений | Обзор технологий организации высокоэффективных вычислений Параллелизм в C++, поточно-ориентированная библиотека POSIX, MPI (Message Passing Interface — интерфейс для передачи сообщений), PVM (Parallel Virtual Machine — параллельная виртуальная машина), CORBA (Common Object Request Broker Architecture — технология построения распределенных объектных приложений), OpenMP (Open Multi-Processing), технологии CUDA. Средства организации параллельного и распределенного программирования. |
| 8 | Технологии распределенного программирования MPI | Общая характеристика технологии MPI Общая характеристика технологии MPI Технология MPI (Message Passing Interface) разработки параллельных программ для систем с распределенной памятью, обзор инструментария MPICH |

5.2. Практические занятия

| № разд | Наименование раздела и темы практических занятий | Наименование и содержание практических занятий |
|--------|--|--|
| 1 | Параллельная обработка информации и проблемы повышения производительности и эффективности использования вычислительной техники | Инструментарий параллельного программирования Инструментарий параллельного программирования (OpenMP. Подключение библиотеки. Оценка времени выполнения программы. Последовательный и параллельный алгоритмы вычисления двойного интеграла) |
| 2 | Моделирование и анализ параллельных вычислений | Оценка производительности вычислений Оценка производительности вычислений. Оценка производительности последовательного и параллельного алгоритмов решения вычислительных задач при различных параметрах вычислений |
| 3 | Технология OpenMP | Параллельные алгоритмы выполнения матричных операций Параллельные алгоритмы выполнения матричных операций Реализация последовательных и параллельных алгоритмов реализации матричных вычислений с использованием технологии OpenMP. Оценка производительности вычислений |
| 4 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (задачи линейной алгебры) | Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры Реализация параллельных алгоритмов решения СЛАУ с использованием технологии OpenMP. Оценка производительности вычислений |
| 5 | Технологии организации эффективных параллельных вычислений | Организация эффективных параллельных вычислений Реализация механизмов взаимного исключения, взаимоблокировки при решении вычислительно трудоемких задач |
| 6 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (сортировка данных) | Параллельные алгоритмы сортировки Параллельные алгоритмы сортировки Реализация параллельных алгоритмов сортировки данных с использованием технологии OpenMP. Оценка производительности вычислений |

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

| № разд | Наименование раздела дисциплины и темы | Содержание самостоятельной работы |
|--------|--|---|
| 1 | Параллельная обработка информации и проблемы повышения производительности и эффективности использования вычислительной техники | Общая характеристика параллельных вычислительных процессов и систем Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка и оформление практической работы. Подготовка к устным опросам по теме. |
| 2 | Моделирование и анализ параллельных вычислений | Моделирование и анализ параллельных вычислений Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка и оформление практической работы. Подготовка к устным опросам по теме. |
| 3 | Технология OpenMP | Технология OpenMP Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка и оформление практической работы. Подготовка к устным опросам по теме. |
| 4 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (задачи линейной алгебры) | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (задачи линейной алгебры) Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка и оформление практической работы. Подготовка к устным опросам по теме. |
| 5 | Технологии организации эффективных параллельных вычислений | Технологии организации эффективных параллельных вычислений Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка и оформление практической работы. Подготовка к устным опросам по теме. |
| 6 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (сортировка данных) | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (сортировка данных) Освоение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Подготовка и оформление практической работы. Подготовка к устным опросам по теме. |
| 7 | Обзор технологий организации высокоэффективных вычислений | Обзор технологий организации высокоэффективных вычислений Проработка теоретического материала, подготовка к опросам. Обзор высокоэффективных ЭВМ (суперскалярные процессоры, процессоры с сокращенным набором команд RISK, процессоры со сверхдлинным командным словом, векторная обработка данных) |
| 8 | Технологии распределенного программирования MPI | Общая характеристика технологии MPI Освоение лекционного материала. Подготовка к устным опросам |

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- выполнение практических заданий;
- подготовка к зачету.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы.

При подготовке к лабораторным занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить рекомендуемую рабочей программой литературу по данной теме.

Итогом изучения дисциплины является зачет с оценкой. Зачет проводится по расписанию. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

| № п/п | Контролируемые разделы дисциплины (модуля) | Код и наименование индикатора контролируемой компетенции | Вид оценочного средства |
|-------|--|--|---|
| 1 | Параллельная обработка информации и проблемы повышения производительности и эффективности использования вычислительной техники | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос, выполнение практических заданий |
| 2 | Моделирование и анализ параллельных вычислений | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос, выполнение практических заданий |
| 3 | Технология OpenMP | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос, выполнение практических заданий |
| 4 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (задачи линейной алгебры) | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос, выполнение практических заданий |
| 5 | Технологии организации эффективных параллельных вычислений | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос, выполнение практических заданий |
| 6 | Параллельные алгоритмы решения вычислительно-трудоемких задач (сортировка данных) | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос, выполнение практических заданий |
| 7 | Обзор технологий организации высокоэффективных вычислений | ОПК-6.2, ОПК-7.2 | устный опрос |
| 8 | Технологии распределенного программирования MPI | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | Устный опрос |
| 9 | Зачет с оценкой | ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2 | |

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки индикаторов компетенций ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.2

Задание 1

Настроить среду программирования VisualStudio для реализации параллельного алгоритма. Изучить теоретические материалы по параллельным алгоритмам вычисления двойного интеграла. Реализовать последовательный и параллельный алгоритмы вычисления двойного интеграла в среде VisualStudio. Осуществить программно замер времени выполнения программ. Оформить отчет с использованием современных офисных ППП

Задание 2

Для программы вычисления двумерного определенного интеграла провести сравнение эффективности последовательного и параллельного алгоритмов варьируя входные параметры задачи, используя среду программирования VisualStudio, результаты расчетов представить в виде диаграмм, сравнить с теоретическими характеристиками, сделать выводы и оформить отчет с использованием современных офисных ППП

Задание 3

С использованием технологии OpenMP реализовать в программной среде Visual Studio на языке C++ программу для вычисления матрицы на матрицу последовательный алгоритм и параллельный алгоритм по варианту: базовый параллельный алгоритм / параллельный алгоритм, основанный на ленточном разбиении / блочный параллельный алгоритм. Оценить производительность вычислений (время расчета, ускорение, эффективность) на основании теоретических и экспериментальных расчетов для различных размерностей матриц, в частности при значениях 1000, 2000, 3000, 4000, 5000. Построить таблицы, диаграммы в сравнении с последовательным алгоритмом. Сделать выводы. Оформить отчет с использованием современных офисных ППП

Задание 4

С использованием технологии OpenMP реализовать в программной среде Visual Studio на языке C++ программу для решения СЛАУ (параллельным алгоритмом метода Гаусса/ параллельным алгоритмом метода сопряженных градиентов). Оформить отчет с использованием современных офисных ППП Оценить производительность вычислений на основании теоретических и экспериментальных расчетов.

Задание 5

С использованием технологии OpenMP реализовать в программной среде Visual Studio на языке C++ параллельный алгоритм сортировки данных (Пузырьковая сортировка / Сортировка Шелла / Быстрая сортировка). Оформить отчет с использованием современных офисных ППП. Оценить производительность вычислений на основании теоретических и экспериментальных расчетов.

Ссылка на курс Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=4638>

Вопросы для опросов при защите практических заданий (для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-6.1):

1. Показатели эффекта распараллеливания.
2. Модель вычислений в виде графа «операции-операнды»
3. Показатели времени выполнения параллельного алгоритма.
4. Способы оценки показателей эффективности параллельных вычислений.
5. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.
6. Оценка максимально достижимого параллелизма.
7. Анализ масштабируемости.
8. Обзор технологий параллельного и распределенного программирования.
9. Моделирование параллельных программ.
10. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ.
11. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры: способы разбиения матриц
12. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры: вычисление произведения матрицы на вектор

13. Параллельные алгоритмы решения задач линейной алгебры: вычисление матрицы на матрицу
14. Требования к разработке параллельных программ
15. Проблема использования разделяемых ресурсов
16. Взаимоисключение потоков, варианты реализации
17. Алгоритм Деккера
18. Семафоры
19. Мониторы
20. Синхронизация потоков
21. Модель программы в виде графа "поток-ресурс"
22. Обнаружение и исключение тупиков
23. Методы повышения эффективности параллельных программ
24. Параллельные алгоритмы сортировки данных Пузырьковая сортировка. Чет нечетная

реализация

25. Параллельные алгоритмы сортировки данных Сортировка Шелла.
26. Параллельные алгоритмы сортировки данных Быстрая сортировка
27. Параллельные алгоритмы сортировки данных Быстрая сортировка (обобщенный алгоритм)

Вопросы для опросов при защите практических заданий (для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-6.2):

1. История развития стандарта OpenMP. Общая характеристика технологии OpenMP.
2. Формат записи директив. Типы директив. Определение параллельной области. Формат директивы parallel. Пример использования директивы parallel.
3. Управление областью видимости данных OpenMP.
4. Распределение вычислений между потоками OpenMP.
5. Проблемы синхронизации, взаимоблокировки OpenMP.
6. Совместимость директив и их параметров OpenMP.
7. Общая характеристика технологии MPI разработки параллельных программ для систем с распределенной памятью
8. Функции инициализации и завершения MPI кода программы
9. Функции передачи и приема сообщения
10. Функция коллективной передачи сообщения
11. Что такое коммутатор
12. Базовое содержание передаваемого/принимаемого сообщения
13. Описать понятия Процессы, потоки, ресурсы.

Вопросы для опросов при защите практических заданий (для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-7.2):

1. Два основных подхода к достижению параллелизма.
2. Преимущества параллельного программирования.
3. Минимальные требования (декомпозиция, связь, синхронизация)
4. Многопроцессорные вычислительные системы с общей памятью
5. Многопроцессорные вычислительные системы распределенной памятью
6. Мультипроцессоры
7. Мультикомпьютеры.
8. Типовые топологии схем коммутации и параллельные алгоритмы.
9. Классификация вычислительных систем.
10. Базовые уровни параллелизма (уровень подпрограмм, инструкций, объектов, приложений)
11. Модели параллельного и распределенного программирования.
12. Средства организации параллельного и распределенного программирования.
13. Проблемы параллельного и распределенного программирования.
14. Основные характеристики вычислительной системы, влияющие на величины ускорения и эффективности.
15. Принципы технологии CUDA
16. Принципы технологии распределенного программирования MPI
17. Основные функции библиотеки MPICH

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

| | |
|---------------------------------------|--|
| <p>Оценка «отлично» (зачтено)</p> | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none">- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none">- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;- грамотно обосновывает ход решения задач;- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий |
| <p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p> | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none">- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none">- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none">- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;- обосновывает ход решения задач без затруднений |

| | |
|--|---|
| <p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p> | <p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p> |
| <p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p> | <p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p> |

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Понятие параллельного и распределенного программирования. Преимущества параллельного программирования. Простейшая модель параллельного программирования PRAM. Классификация схем параллелизма.

Понятие параллельного и распределенного программирования. Преимущества распределенного программирования. Модели распределенного программирования.

Минимальные требования к параллельному и распределенному программированию. Базовые уровни параллелизма.

Параллелизм в C++. Стандарты параллельного и распределенного программирования.

Архитектура компьютера. Классификация Флинна. SISD, SIMD, MISD, MIMD – компьютеры.

Системы с разделяемой и распределенной памятью. Мультипроцессоры, мультикомпьютеры.

Топологии сетей передачи данных.

Проблемы координации, возникающие при реализации параллельных программ. «Гонка» данных, бесконечная отсрочка.

Проблемы координации, возникающие при реализации параллельных программ. Взаимоблокировка, трудности организации связи.

Модель параллельных вычислений в виде графа «операнд-операции». Описание схем параллельного выполнения алгоритма.

Определение времени выполнения параллельного алгоритма. Показатели эффективности параллельного алгоритма.

Распараллеливание алгоритма суммирования, каскадная и модифицированная каскадная схемы.

Оценка максимального достижимого параллелизма: закон Амдаля. Анализ масштабируемости параллельных вычислений.

Оценка максимального достижимого параллелизма: закон Густавсона-Барсиса. Анализ масштабируемости параллельных вычислений.

Этапы разработки параллельных алгоритмов.

Технология OpenMP. Формат директив. Понятие параллельной программы, параллельного фрагмента, секции. Область видимости директив.

Основные директивы OpenMP.

Общая характеристика технологии MPI разработки параллельных программ для систем с распределенной памятью

Схемы распараллеливания алгоритмов решения задач линейной алгебры: способы разбиения матриц; вычисление произведения матрицы на вектор.

Схемы распараллеливания алгоритмов решения СЛАУ

Схемы распараллеливания алгоритмов сортировки

Алгоритмы взаимного исключения. Семафоры. Мониторы.

Синхронизация потоков.

Взаимоблокировка потоков.

Методы повышения эффективности параллельных программ.

Принципы технологии CUDA

Принципы технологии распределенного программирования MPI

Основные функции библиотеки MPICH

Принципы технологии OpenMP

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Реализовать параллельный алгоритм вычисления определенного интеграла произвольной аналитической функции.

2. Реализовать параллельный алгоритм сортировки "пузырьком".

3. Реализовать параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор

4. Реализовать параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу

5. Реализовать параллельный алгоритм решения СЛАУ

6. Реализовать параллельный алгоритм быстрой сортировки

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет проводится в форме собеседования.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

| Критерии оценивания | Уровень освоения и оценка | | | |
|---------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------|
| | Оценка «неудовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» | Оценка «хорошо» | Оценка «отлично» |
| | «не зачтено» | «зачтено» | | |

| | | | | |
|--------|---|--|--|---|
| | <p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p> | <p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p> | <p>Уровень освоения компетенции «продвинутой». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p> | <p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p> |
| знания | <p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; -знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p> |

| | | | | |
|--------------------------|--|---|---|--|
| <p>умения</p> | <p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> | <p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> |
| <p>владение навыками</p> | <p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p> | <p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p> | <p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p> | <p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p> |

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы | Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС |
|---|---|---|
| <u>Основная литература</u> | | |
| 1 | Левин М. П., Параллельное программирование с использованием OpenMP, Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020 | https://www.iprbooks-hop.ru/97572.html |
| 2 | Гергель В. П., Воеводин В. В., Сысоев А. В., Баркалов К. А., Линев А. В., Кудин А. В., Кустикова В. Д., Козинев Е. А., Сиднев А. А., Мееров И. Б., Intel Parallel Programming Professional (Introduction), Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020 | http://www.iprbookshop.ru/89408.html |
| <u>Дополнительная литература</u> | | |
| 1 | Антонов А. С., Параллельное программирование с использованием технологии MPI, Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021 | https://www.iprbooks-hop.ru/102043.html |
| 2 | Боресков А. В., Харламов А. А., Марковский Н. Д., Микушин Д. Н., Мортиков Е. В., Мыльцев А. А., Сахарных Н. А., Фролов В. А., Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA, Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2015 | http://www.iprbookshop.ru/54647.html |
| 3 | Назаренко П. А., Алгоритмы и структуры данных, Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015 | http://www.iprbookshop.ru/71819.html |

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

| Наименование ресурса сети «Интернет» | Электронный адрес ресурса |
|--|---|
| Документация по CUDA Toolkit. Дата обращения: 1.04.2021. | https://docs.nvidia.com/cuda/ |
| Лаборатория информационные технологии. Дата обращения: 1.04.2021 | http://www.itlab.unn.ru/?dir=104 |
| Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям. Дата обращения: 1.04.2021 | http://parallel.ru/ |
| Документация по Microsoft C++. Дата обращения: 1.04.2021 | https://learn.microsoft.com/ru-ru/cpp/ |
| Информационные материалы по OpenMP. Дата обращения: 1.04.2021 | http://www.openmp.org/ |
| Центр компьютерных технологий. Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского. Дата обращения: 01.04.2021 | http://www.hpcc.unn.ru/ |

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| Наименование | Электронный адрес ресурса |
|---|---|
| Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle | https://moodle.spbgasu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "Лань" | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ" | https://www.biblio-online.ru/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart" | http://www.iprbookshop.ru/ |

| | |
|--|--|
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU |
|--|--|

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| Наименование | Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое) |
|---|---|
| Microsoft Windows 10 Pro | Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г |
| Python версия 3.7.6386.10 | Свободно распространяемое |
| PyCharm Community | Свободно распространяемое |
| LibreOffice | Свободно распространяемое |
| Microsoft Visual Studio Community Edition | Свободно распространяемое |

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения |
|--|---|
| 47. Помещения для самостоятельной работы | Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10 |
| 47. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет. |
| 47. Компьютерный класс | Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet. |
| 47. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет. |

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.