

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет естественных наук, математики и технологий
Кафедра Математики и информатики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Факультет естественных
наук, математики и
технологий

Токарева Юлия Сергеевна

« ____ » _____ 20 ____
г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.02.02 Параллельная обработка данных
на 108 часа(ов), 3 зачетных(ые) единиц(ы)
для направления подготовки (специальности) 01.03.02 - Прикладная математика и
информатика

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом
Министерства образования и науки Российской Федерации от
« ____ » _____ 20 ____ г. № ____

Профиль – Исследование операций и системный анализ (для набора 2023)
Форма обучения: Очная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Освоение базовых знаний по вопросам организации параллельных вычислительных систем, знакомство с основными технологиями организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью

Задачи изучения дисциплины:

- освоение базовых знаний по вопросам организации параллельных вычислительных систем;
- освоение математических моделей и методов параллельного программирования для многопроцессорных вычислительных систем;
- знакомство с основными технологиями организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина входит в модуль "Дисциплины по выбору"

1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы), 108 часов.

| Виды занятий | Семестр 7 | Всего часов |
|--|-----------|-------------|
| Общая трудоемкость | | 108 |
| Аудиторные занятия, в т.ч. | 51 | 51 |
| Лекционные (ЛК) | 17 | 17 |
| Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 34 | 34 |
| Лабораторные (ЛР) | 0 | 0 |
| Самостоятельная работа студентов (СРС) | 57 | 57 |
| Форма промежуточной аттестации в семестре | Зачет | 0 |
| Курсовая работа (курсовой | | |

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Планируемые результаты освоения образовательной программы | | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|--|---|
| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины | Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности |
| ОПК-4 | Владеет навыками использования современных информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности | <p>Знать: основные направления развития высокопроизводительных компьютеров</p> <p>Уметь: использовать теоретические знания для решения практических задач</p> <p>Владеть: навыками использования полученных теоретических и практических знаний в профессиональной деятельности</p> |
| ПК-1 | Знает современные технологии проектирования и производства программного продукта | <p>Знать: парадигмы, модели и технологии параллельного программирования</p> <p>Уметь: использовать теоретические знания для решения практических задач</p> <p>Владеть: навыками использования полученных теоретических и практических знаний в профессиональной деятельности</p> |

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

| Модуль | Номер раздела | Наименование раздела | Темы раздела | Всего часов | Аудиторные занятия | | | С Р С |
|--------|---------------|----------------------|--------------|-------------|--------------------|---|---|-------------|
| | | | | | Л | П | Л | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | К | З (С З) | Р | |
|---|-----|--|--|----|---|---------------|---|----|
| 1 | 1.1 | <p>Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров. Оценки производительности вычислительных систем. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.</p> | <p>Пути достижения параллелизма: независимость функционирования отдельных функциональных устройств, избыточность элементов вычислительной системы, дублирование устройств. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных. Закон Мура. Сдерживающие факторы повсеместного внедрения параллельных вычислений. Стандартные методики измерения производительности MIPS, MFLOPS и т.д. Производительность кластера – латентность, пропускная способность. Общепризнанные методики измерения производительности многопроцессорных вычислительных систем. Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем. Массивно-параллельные системы (MPP). Симметричные мультипроцессорные системы (SMP). Параллельные векторные системы (PVP). Примеры сетевых решений для создания кластерных систем. Современные</p> | 26 | 4 | 8 | 0 | 14 |

| | | | | | | | | | |
|---|-----|---|---|----|---|---|---|----|--|
| | | | микропроцессоры, используемые при построении кластерных решений. | | | | | | |
| 2 | 2.1 | Проблемы создания кластерных систем | <p>Плюсы и минусы своего кластера и арендуемого.</p> <p>Проектирование архитектуры: базовые компоненты кластера, компоновка кластера, выбор процессора, оперативная память, диски, головной узел кластера, сетевая инфраструктура (коммуникационная, транспортная, сервисная). Поставка и монтаж оборудования. Установка и настройка программного обеспечения. Средства разработки и прикладное программное обеспечение.</p> <p>Мониторинг кластера. Обслуживание кластера.</p> | 26 | 4 | 8 | 0 | 14 | |
| 3 | 3.1 | Парадигмы, модели и технологии параллельного программирования | <p>Функциональный параллелизм, параллелизм по данным. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD.</p> <p>Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI.</p> <p>Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).</p> <p>Параллельное программирование на системах смешанного типа. Отладка, трассировка и профилирование</p> | 27 | 4 | 9 | 0 | 14 | |

| | | | | | | | | |
|-------|-----|---|--|-----|----|----|---|----|
| | | | параллельных программ. Проблемы создания средства автоматического распараллеливания программ. | | | | | |
| 4 | 4.1 | Основные понятия параллелизма алгоритмов. Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание. | Степень параллелизма численного алгоритма. Средняя степень параллелизма численного алгоритма. Закон Амдала. Алгоритм исследования свойств параллельного алгоритма. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса-Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | 29 | 5 | 9 | 0 | 15 |
| Итого | | | | 108 | 17 | 34 | 0 | 57 |

3.2. Содержание разделов дисциплины

3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|--|--|------------------------|
| 1 | 1.1 | Пути достижения параллелизма: независимость функционирования отдельных функциональных устройств, избыточность элементов вычислительной системы, дублирование устройств. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных. Закон Мура. Сдерживающие факторы повсеместного внедрения параллельных вычислений. Стандартные методики измерения производительности MIPS, MFLOPS и т.д. Производительность кластера – латентность, пропускная способность. | Пути достижения параллелизма: независимость функционирования отдельных функциональных устройств, избыточность элементов вычислительной системы, дублирование устройств. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных. Закон Мура. Сдерживающие факторы повсеместного внедрения параллельных вычислений. Стандартные методики измерения производительности MIPS, MFLOPS и т.д. Производительность кластера – латентность, пропускная способность. | 2 |
| | 1.1 | Общепризнанные методики измерения производительности многопроцессорных вычислительных систем. Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем. Массивно-параллельные системы | Общепризнанные методики измерения производительности многопроцессорных вычислительных систем. Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем. Массивно-параллельные системы | 2 |

| | | | | |
|---|-----|---|---|---|
| | | <p>ислительных систем. Системы с рас- пределенной, общей памятью, примеры систем. Масси- вно- параллельные системы (MPP). Симметричны- е мультипроце- ссорные системы (SMP). Параллельные векторные системы (PVP). Примеры сетевых решений для создания кластерных систем. Современные микропроцесс- оры, используемые при построении кластерных решений.</p> | <p>(MPP). Симметричные мультипроцессорные системы (SMP). Параллельные векторные системы (PVP). Примеры сетевых решений для создания кластерных систем. Современные микропроцессоры, используемые при построении кластерных решений.</p> | |
| 2 | 2.1 | <p>Плюсы и минусы своего кластера и арендуемого. Проектирован- ие архитектуры: базовые компоненты кластера, компоновка кластера, выбор</p> | <p>Плюсы и минусы своего кластера и арендуемого. Проектирование архитектуры: базовые компоненты кластера, компоновка кластера, выбор процессора, оперативная память, диски, головной узел кластера, сетевая инфраструктура (коммуникационная, транспортная, сервисная).</p> | 2 |

| | | | | |
|---|-----|---|---|---|
| | | процессора, оперативная память, диски, головной узел кластера, сетевая инфраструктура (коммуникационная, транспортная, сервисная). | | |
| | 2.1 | Поставка и монтаж оборудования. Установка и настройка программного обеспечения. Средства разработки и прикладное программное обеспечение. Мониторинг кластера. Обслуживание кластера. | Поставка и монтаж оборудования. Установка и настройка программного обеспечения. Средства разработки и прикладное программное обеспечение. Мониторинг кластера. Обслуживание кластера. | 2 |
| 3 | 3.1 | Функциональный параллелизм, параллелизм по данным. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI. | Функциональный параллелизм, параллелизм по данным. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI. | 2 |
| | 3.1 | Параллельное программирование на | Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP). Параллельное программирование на | 2 |

| | | | | |
|---|-----|--|--|---|
| | | <p>системах с общей памятью (OpenMP). Параллельное программирование на системах смешанного типа. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ. Проблемы создания средства автоматического распараллеливания программ.</p> | <p>системах смешанного типа. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ. Проблемы создания средства автоматического распараллеливания программ.</p> | |
| 4 | 4.1 | <p>Степень параллелизма численного алгоритма. Средняя степень параллелизма численного алгоритма. Закон Амдала. Алгоритм исследования свойств параллельного алгоритма. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный</p> | <p>Степень параллелизма численного алгоритма. Средняя степень параллелизма численного алгоритма. Закон Амдала. Алгоритм исследования свойств параллельного алгоритма. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.</p> | 2 |

| | | | | |
|--|-----|--|--|---|
| | | алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | | |
| | 4.1 | Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса-Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса-Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | 3 |

3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|--|--|------------------------|
| 1 | 1.1 | Оценка производительности вычислительных систем. | Оценка производительности вычислительных систем. | 4 |
| | 1.1 | Тестовые задания. | Тестовые задания. | 4 |
| 2 | 2.1 | Проектирован | Проектирование архитектуры: | 8 |

| | | | | |
|---|-----|--|---|---|
| | | ие архитектуры: базовые компоненты кластера, компоновка кластера, выбор процессора, оперативная память, диски, головной узел кластера, сетевая инфраструктура (коммуникационная, транспортная, сервисная). | базовые компоненты кластера, компоновка кластера, выбор процессора, оперативная память, диски, головной узел кластера, сетевая инфраструктура (коммуникационная, транспортная, сервисная). | |
| 3 | 3.1 | Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI. | Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI. | 4 |
| | 3.1 | Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP). Параллельное программирование на системах смешанного типа. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ. | Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP). Параллельное программирование на системах смешанного типа. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ. | 5 |
| 4 | 4.1 | Параллельный алгоритм | Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение | 4 |

| | | | | |
|--|-----|--|--|---|
| | | умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | по сравнению с последовательным алгоритмом. | |
| | 4.1 | Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. | 5 |

3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

| Модуль | Номер раздела | Тема | Содержание | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|------|------------|------------------------|
| | | | | |

3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

| Модуль | Номер раздела | Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение | Виды самостоятельной деятельности | Трудоемкость (в часах) |
|--------|---------------|---|---|------------------------|
| 1 | 1.1 | Ведомственные, национальные и другие программы, направленные на развитие параллельных вычислений в России. Перечень критических задач, решение которых без использования параллельных вычислений затруднено или вовсе невозможно. Повышение производительности процессора при | Составление опорного конспекта. Выполнение домашней работы. | 14 |

| | | | | |
|---|-----|--|---|----|
| | | <p>обработке массивов с использованием циклов.</p> <p>Явные циклы с постоянными границами.</p> <p>Многократное использование КЭШа.</p> <p>Использование предварительной выборки при загрузке данных из оперативной памяти в кэш второго уровня. Изменение инструкций задачи для лучшего кэширования.</p> <p>Архитектурно-зависимая оптимизация; отличия развертывания циклов для векторных и кэш-ориентированных архитектур. Конвейерная обработка данных.</p> <p>Зависимость производительности процессора от способа описания и хранения данных.</p> | | |
| 2 | 2.1 | <p>Проектирование архитектуры: базовые компоненты кластера, компоновка кластера, выбор процессора, оперативная память, диски, головной узел кластера, сетевая инфраструктура (коммуникационная, транспортная, сервисная). Доставка и монтаж оборудования. Установка и настройка программного обеспечения. Средства разработки и прикладное программное обеспечение.</p> <p>Мониторинг кластера.</p> | Составление опорного конспекта. Выполнение домашней работы. | 14 |
| 3 | 3.1 | Библиотека MPI. Модель SIMD. Инициализация и | Составление опорного конспекта. Выполнение | 14 |

| | | | | |
|---|-----|---|---|----|
| | | <p>завершение MPI-приложения. Точечные обмены данными между процессами MPI-программы. Режимы буферизации. Проблема deadlock'ов.</p> <p>Коллективные взаимодействия процессов в MPI.</p> <p>Управление группами и коммутаторами в MPI.</p> <p>Использование многопоточности при программировании для многоядерных платформ.</p> <p>Синхронизация данных между ветвями в параллельной программе.</p> <p>Директивы языка OpenMP.</p> | домашней работы. | |
| 4 | 4.1 | <p>Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.</p> <p>Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса-Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.</p> | Составление опорного конспекта. Выполнение домашней работы. | 15 |

4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

1. Лацис, Алексей Оттович. Параллельная обработка данных: учеб. пособие / Лацис Алексей Оттович. – Москва: Академия, 2010. – 336с.: ил. – (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика). – ISBN 978-5-7695-5951-8: 289-08

5.1.2. Издания из ЭБС

1. Малявко, Александр Антонович. Параллельное программирование на основе технологий openmp, mpi, cuda: Учебное пособие / Малявко Александр Антонович; Малявко А.А. – 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 115. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02916-1: 45.05.

<https://biblio-online.ru/viewer/46BBEB77-8697-4FF5-BE49-711BB1388D50#page/1>

2. Кубенский, А.А.Функциональное программирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.А. Кубенский. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 348 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-9242-7. <https://www.biblio-online.ru/book/658E3C89-AAD5-498B-8B34-A29E1750D8>

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

1. Воеводин, Валентин Васильевич. Параллельные вычисления / Воеводин Валентин Васильевич, Воеводин Владимир Валентинович. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004. – 608с.: ил. - ISBN 5-94157-160-7: 320-17

5.2.2. Издания из ЭБС

1. Трофимов, В.В.Алгоритмизация и программирование: учебник для академического бакалавриата / В.В. Трофимов, Т.А. Павловская; под ред. В.В. Трофимова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 137 с. – (Серия: Бакалавр. Академический курс. Модуль.). – ISBN 978-5-9916-9866-5. <https://biblio-online.ru/book/B08DB966-3F96-4B5A-B030-E3CD9085CED>

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

| Название | Ссылка |
|----------|--------|
|----------|--------|

6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МераПро".

Программное обеспечение специального назначения:

1) RAD Studio XE6

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| | |
|--|--|
| Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы |
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий | |
| Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций | Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре |

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

При изучении курса «Параллельная обработка данных» предусматриваются следующие виды работ:

1. Выполнение лабораторных работ, за выполнение на оценку отлично студент может получить 11 баллов.
2. Выполнение кратковременных самостоятельных работ в каждом модуле:
 - подготовка конспекта – максимальное количество баллов – 5
 - выполнение домашних заданий – максимальное количество баллов – 5.
3. Контроль в конце семестра в форме теста, максимальное количество баллов – 16.
4. За несвоевременную сдачу задания в срок, снимаются штрафные баллы, 2 балла за каждое задание.

Таким образом, сумма по всем видам деятельности составляет 100 баллов, без учета пункта 4.

Зачет студентам выставляется следующим образом:

«Зачтено» – от 55 до 69 баллов.

Студент, набравший от 0 до 54 баллов, обязан сдать зачет по данной дисциплине в период сессии.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя без его непосредственного участия, студент имеет право получить консультацию у преподавателя.

Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы:

- поиск информации на заданную тему;
- работа с электронными ресурсами;

- составление конспекта;
- подготовка к аудиторным занятиям.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как:

- самоконтроль и самооценка обучающегося;
- контроль и оценка со стороны преподавателя.

Разработчик/группа разработчиков:
Надежда Николаевна Замощникова

Типовая программа утверждена

Согласована с выпускающей кафедрой
Заведующий кафедрой

_____ «___» _____ 20___ г.