

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Распределённые вычисления на кластере»

Направление подготовки – **01.04.02 «Прикладная математика и информатика»**


Направленность **«Математическое моделирование и программирование»**

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Кострома

2024

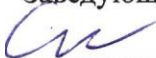
Рабочая программа дисциплины Распределенные вычисления на кластере по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, направленность Математическое моделирование и программирование разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, приказ №13 от 10 января 2018 г.

Разработал:  Козырев Сергей Борисович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент:  Сухов Андрей Константинович, доцент, к.ф.-м.н., доцент

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий
Протокол заседания кафедры №12 от 22 мая 2019 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий
 Секованов Валерий Сергеевич, профессор, д.п.н., к.ф.-м.н.

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий
Протокол заседания кафедры №_6_ от _14.05.2024 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий
_Ивков В.А._____ _к.э.н., доцент_(ФИО), ученая степень, ученое звание

подпись

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: познакомить студентов с методами организации высокопроизводительных вычислений в рамках технологии параллельного программирования MPI.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с современными вычислительными системами;
- познакомить с методами распараллеливания алгоритмов;
- привить навыки параллельного программирования с использованием коммуникационной библиотеки MPI.

Для успешного освоения данного курса необходимо владение одним из языков высокого уровня – Фортраном или C++. Выбор языка параллельного программирования определяется преподавателем.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Магистры, завершившие изучение дисциплины «Распределённые вычисления на кластере», должны

освоить компетенцию:

- ОПК-4 (способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности).

Код и содержание индикаторов компетенции:

ОПК-4.1. Знать: принципы, методы и средства решения профессиональных задач с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности;

ОПК-4.2. Уметь: решать прикладные задачи в области профессиональной деятельности с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности;

ОПК-4.3. Иметь навыки: применения информационно-коммуникационных технологий в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.

знать:

- современные компьютерные технологии параллельных вычислений;
- архитектуры современных кластерных вычислительных систем,
- идеи параллельного программирования и принцип работы многопроцессорного кластера.

уметь:

- работать на многопроцессорном кластере;
- писать программы, используя параллельное программирование;

– оценивать ускорение и эффективность программы, использующей параллельное программирование.

владеть:

– методами распараллеливания алгоритмов умножения матрицы на вектор в технологии MPI,

– методами распараллеливания алгоритмов умножения матриц в технологии MPI.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Распределённые вычисления на кластере» относится к обязательной части учебного плана. Изучается в 1 и 2 семестрах обучения.

Дисциплина базируется на курсах: алгебры, численных методов, программирования.

Данная дисциплина завершает формирование компетенции ОПК-4. Также эту компетенцию формируют дисциплины «Разработка баз данных» и «Телекоммуникационные технологии и информационная безопасность».

Приобретаемые после изучения дисциплины «Распределённые вычисления на кластере» знания и умения необходимы для прохождения практики (научно-исследовательская работа), а также в работе над магистерской диссертацией.

4. Объём дисциплины «Распределённые вычисления на кластере»

4.1. Объём дисциплины в зачётных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоёмкость в зачётных единицах	6
Общая трудоёмкость в часах	216
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	72
Лекции	32
Практические занятия	-
Лабораторные занятия	40
Самостоятельная работа в часах	144
Форма промежуточной аттестации	Зачёт в 1 семестре Экзамен во 2 семестре

4.2. Объём контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	32

Практические занятия	-
Лабораторные занятия	40
Консультации	2
Зачёт	0,25
Экзамен	0,33
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	-
Всего	74,58

5.Содержание дисциплины «Распределённые вычисления на кластере», структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Технология параллельного программирования на ЭВМ	0,78/28	3	–	6	12
2	Параллельные алгоритмы вычислительной математики;	0,83/30	3	–	6	12
3	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	0,81/29	2	–	4	12
4	Числовые характеристики параллельного алгоритма	0,81/29	6	–	6	16
5	Параллельные матричные алгоритмы	0,89/32	6	–	6	16
6	Параллельные алгоритмы на графах	0,89/32	6	–	6	20
7	Параллельные вычисления в задачах математической физики	1/36	6	–	6	20
	Экзамен	1/36	–	–	–	36
	Итого:	6/216	32	–	40	144

5.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Технология параллельного программирования на ЭВМ.

Параллельные языки и параллельные расширения. Средства автоматического распараллеливания программ. Специализированные библиотеки. Степень параллелизма численного алгоритма. Ускорение параллельного алгоритма. Эффективность параллельного алгоритма. Закон Амдала. Исследование свойств параллельного алгоритма

Тема 2. Параллельные алгоритмы вычислительной математики.

Алгоритм сдваивания. Параллельный алгоритм скалярного умножения векторов и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. 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. Специальные приемы параллельного программирования

Тема 3. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.

Использование параллельных вычислений для моделирования различных процессов.

Тема 4. Числовые характеристики параллельного алгоритма.

Ускорение, сложность, стоимость и эффективность параллельного алгоритма. Поиск максимального элемента в списке. Параллельный поиск в списке. Исследование свойств параллельного алгоритма. Принцип функционирования групповых процедур рассылки. Назначение коммутаторов. Алгоритмы параллельной сортировки.

Тема 5. Параллельные матричные алгоритмы.

Обработка матричных данных по строкам и по столбцам. Передача данных с помощью блокирующих групповых коммуникационных процедур. Параллельные алгоритмы решения системы линейных уравнений прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом. Параллельные алгоритмы решения системы линейных уравнений и вычисления определителей методом Гаусса-Жордана. Параллельный алгоритм решения системы линейных уравнений методом итераций. Оценки ускорения и производительности алгоритмов.

Тема 6. Параллельные алгоритмы на графах.

Параллельный алгоритм поиска кратчайшего пути. Параллельный алгоритм поиска минимального каркаса. Оценки ускорения и производительности алгоритмов.

Тема 7. Параллельные вычисления в задачах математической физики.

Решение задач о нагревании стержня и о колебании струны с помощью параллельных вычислений. Метод решеток и его реализация в многопроцессорных системах. Решение задачи о нагревании пластины.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Распределённые вычисления на кластере»

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Технология параллельного программирования на ЭВМ	Изучение литературы	20	Используйте литературу [1], [2], [3]	Устный опрос, мониторинг
2	Параллельные алгоритмы вычислительной математики;	Составление параллельных программ	22	Используйте литературу [1], [2], [5]	Проверка программ
3	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	Составление параллельных программ	22	Используйте литературу [1], [2], [6]	Проверка программ
4	Числовые характеристики параллельного алгоритма	Составление параллельных программ	20	Используйте литературу [2], [4], [5]	Проверка программ
5	Параллельные матричные алгоритмы	Составление параллельных программ	22	Используйте литературу [2], [4], [5]	Проверка программ
6	Параллельные алгоритмы на графах	Составление параллельных программ	24	Используйте литературу [2], [4], [5]	Проверка программ
7	Параллельные вычисления в задачах математической физики	Составление параллельных программ	24	Используйте литературу [2], [4], [5]	Проверка программ

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Первая параллельная программа: обрамляющие функции (MPI_Init, MPI_Finalize), определение общего числа процессоров (MPI_Comm_Size), индивидуального номера процесса (MPI_Comm_Rank), вывод имен узлов кластера (MPI_Get_processor_name).
2. Передача данных с помощью блокирующих коммуникационных функций типа “Точка-Точка” (MPI_Send, MPI_Recv).

3. Другие виды передачи данных с помощью коммуникационных функций типа “Точка-Точка” (MPI_Ssend, MPI_Bsend, MPI_Rsend, MPI_Isend, MPI_Irecv).
4. Одновременная передача данных (MPI_Sendrecv).
5. Коллективные операции для синхронизации процессов (MPI_Barrier), для рассылки информации от одного процесса всем остальным процессам (MPI_Bcast), для сборки распределенного по процессам массива в один массив (MPI_Gather, MPI_Allgather), для распределения массива по процессорам (MPI_Scatter).
6. Глобальные вычислительные операции (MPI_Reduce, MPI_Allreduce, MPI_Reduce_scatter).
7. Создание производных типов данных с помощью конструкторов (MPI_Type_vector и др.)
8. Упаковка данных для пересылок (MPI_Pack) и распаковка (MPI_Unpack).
9. Установка пакета Scalapack для матричных параллельных вычислений. Тестирование коммуникационной среды кластера. Тестирование производительности кластера.
10. Параллельное вычисление суммы ряда. Рассылка данных тремя способами: рассылка с головного процессора точечными операциями, каскадная рассылка и рассылка с помощью групповой операции. Сравнительная скорость их выполнения.
11. Реализация параллельного алгоритма умножения матрицы на вектор в случае, когда все данные расположены на головном процессоре. Реализация параллельного алгоритма умножения матрицы на вектор в случае, когда матрица распределена построчно на все процессора, а вектор хранится на всех. Реализация параллельного алгоритма умножения матрицы на вектор в случае, когда матрица распределена по столбцам на все процессора, а вектор хранится на всех. Определение ускорения и эффективности этих алгоритмов.
12. Реализация параллельного алгоритма умножения матрицы на матрицу в случае, когда 1 матрица распределена построчно на все процессора, а другая по столбцам. Реализация параллельного алгоритма умножения матрицы на матрицу в случае, когда 1 матрица распределена по столбцам на все процессора, а другая построчно. Определение ускорения и эффективности этих алгоритмов.
13. Реализация параллельного алгоритма вычисления определителя методом Гаусса–Жордана. Определение его ускорения и эффективности.
14. Реализация параллельного алгоритма решения СЛАУ методом Гаусса–Жордана. Определение его ускорения и эффективности.
15. Реализация параллельного алгоритма решения СЛАУ итерационными методами. Определение его ускорения и эффективности.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Распределённые вычисления на кластере»

а) основная литература:

- 1. Афанасьев, К.Е.** Основы высокопроизводительных вычислений : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, И.В. Григорьева, Т.С. Рейн. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - Т. 3. Параллельные вычислительные алгоритмы. - 185 с. - ISBN 978-5-8353-1546-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232205>.
- 2. Основы высокопроизводительных вычислений** : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, С.В. Стуколов, В.В. Малышенко и др. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - Т. 2. Технологии параллельного программирования. - 412 с. - ISBN 978-5-8353-1246-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232204>

б) дополнительная литература:

- 3. Пятибратов А.П.** Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : [учебное пособие для студ. вузов] / под ред. А. П. Пятибратова. – М.: КНОРУС, 2013 .
- 4. Антонов А.С.** Параллельное программирование с использованием технологии MPI: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2004.
- 5. Сухов А.К.** Многопроцессорные вычисления в технологии MPI [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / М-во образования и науки РФ, Костром. гос. ун-т им. Н. А. Некрасова. - Электрон. текст. дан. - Кострома : КГУ, 2013.
- 6. Дацюк В.Н., Букатов А.А., Жегуло А.И.** Методическое пособие по курсу “Многопроцессорные системы и параллельное программирование” / Ростов. госун-т. Ростов-на-Дону, 2000. Ч. I. 36 с. Ч. II. 65 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-образовательные ресурсы:

1. Библиотека ГОСТов. Все ГОСТы, [Электронный ресурс],

URL: <http://vsegost.com/>

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС Университетская библиотека онлайн - <http://biblioclub.ru>
2. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория 228Е для лекционных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудование: посадочные места 16, рабочее место преподавателя. Имеется мультимедиа – компьютер (переносной) с проектором. Установлено 16 компьютеров.

Аудитория 227Е для лекционных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудование: посадочные места 15, рабочее место преподавателя. Имеется мультимедиа – компьютер (переносной) с проектором. Установлено 15 компьютеров.

Лицензионное программное обеспечение:

Windows 8 Pro лицензия 01802000875623 постоянная 1-шт.; LibreOffice 5.0, лицензия GNU LGPL; Mageia 6.0, лицензия GNU LGPL.

Свободно распространяемое программное обеспечение:

– офисный пакет.