

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой программного обеспечения
и администрирования информационных систем



Артемов М. А.

02.04.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.04 Параллельное программирование

1. Шифр и наименование направления подготовки:

09.03.03 Прикладная информатика

2. Магистерская программа: Информационные технологии

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

программного обеспечения и администрирования информационных систем

6. Составители программы: Вошинская Г.Э., ст. преп.

7. Рекомендована: НМС факультета ПММ протокол № 5 от 22.03.2024

8. Учебный год: 2024/2025

Семестр(ы): 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины: сформирование у студентов представление о физических основах и архитектурных особенностях параллельных вычислительных машин различных классов. Дать студентам представление о способах проектирования и средствах создания параллельных программ. Для реализации этой цели ставятся задачи, вытекающие из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: обязательная дисциплина, профессиональный цикл вариативная часть ; требования к входным знаниям: программирование, структуры и алгоритмы обработки данных, вычислительные сети и коммуникации, операционные системы.

Дисциплина «Параллельное программирование» является предшествующей для следующих дисциплин:

- Компьютерное моделирование физических процессов.

- Концепция MVC и фреймворки.
- Облачные технологии.
- Разработка сервис-ориентированных приложений на основе WCF.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение (ПК-1.1);

Представляет/оформляет полученные результаты работы в соответствии с действующими технологическими регламентами/требованиями (ПК-1.2);

Демонстрирует знание методов и способов формализации и алгоритмизации поставленных задач, способы анализа требований к ПО, методологии проектирования ПО (ПК-3.1);

Создает программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными и оформляет его в соответствии с установленными требованиями, проверяет и отлаживает его (ПК-3.2);

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108.

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	Сем.1
Аудиторные занятия	36	36
в том числе:		
лекции	18	18
лабораторные	18	18
практические		
Самостоятельная работа	36	36
Итого	72	72
Контроль:	36	36
Итого:	108	108
Форма промежуточной аттестации	экзамен	

13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Введение в параллельное программирование с использованием MPI.	Операции обмена сообщениями. Организация MPICH. Подпрограммы MPI_Init, MPI_Finalize, MPI_Comm_size, MPI_Comm_rank, MPI_Send, MPI_Recv. Структура MPI-программы.
2	Обмен данными в MPI. Двухточечный обмен сообщениями.	Стандартная передача. Синхронная передача. Буферизованная передача. Передача «по готовности». Совместные прием и передача. Блокирующие и неблокирующие операции.
3	Коллективный обмен данными.	Управление окружающей средой. Таймеры и синхронизация. Широковещательная рассылка. Операция приведения и сканирования.
4	Обмен с синхронизацией. Управление областью взаимодействия и группой процессов.	Создание групп процессов. Получение информации о группе. Управление коммутаторами. Операции обмена между группами процессов.
5	Определяемые	MPI_Type_extent, MPI_Type_size, MPI_Type_contiguous,

	пользователем типы данных и упаковка данных. Строители типов.	MPI_Type_vectir, MPI_Type_hvector, MPI_Type_commit, MPI_Type_indexed, MPI_Type_hindexed, MPI_Type_struct
6	Виртуальные топологии.	Понятие виртуальной топологии. Перекрытие топологий. Функции декартовых топологий. MPI_Cart_create, MPI_Dims_create, MPI_Cartdim_get, MPI_Cart_get, MPI_Cart_rank, MPI_Cart_coords, MPI_Cart_shift.
7	Пример использования виртуальной топологии.	Произведение двух матриц в топологии "двухмерная решетка".
8	Примеры реализации и оценки параллельных алгоритмов.	Параллельные методы умножения матрицы на вектор. Параллельные методы матричного умножения. Параллельные методы сортировки. Параллельные методы на графах.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	
1	Введение в параллельное программирование с использованием MPI.		2		2	4
2	Обмен данными в MPI. Двухточечный обмен сообщениями.		6		10	16
3	Коллективный обмен данными.		6		6	12
4	Обмен с синхронизацией. Управление областью взаимодействия и группой процессов.		2		4	6
5	Определяемые пользователем типы данных и упаковка данных. Строители типов.		6		6	12
6	Виртуальные топологии.		6		8	14
7	Пример использования виртуальной топологии.		2		2	4
8	Примеры реализации и оценки параллельных алгоритмов.		2		2	4
Итого:			32		40	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа с конспектами практических заданий для самостоятельной работы, выполнение лабораторных работ по дисциплине, использование рекомендованной литературы и методических материалов, в том числе находящихся в личном кабинете.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Туральчук К.А. Параллельное программирование с помощью языка C# / К. А. Туральчук. – Москва : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016, 190с. // "Университетская библиотека online": электронно – библиотечная система . — URL : http://biblioclub.ru

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие/ К.Ю.Богачев – Москва, 2013. http://elibrary.ru
3	Сальников А.М Введение в параллельные вычисления. Основы программирования на языке Си с использованием интерфейса MPI / А.М.Сальников, Е.А. Ярошенко, О.С. Гребенник, С.В.Спиридонов – Москва, 2010. http://elibrary.ru
4	Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем: учебник для вузов / В.П.Гергель – Москва : Изд-во Московского университета, 2010. – 543с.
5	Немнюгин, С. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем / С. Немнюгин, О. Стесик. — Санкт-Петербург : БХВ – Петербург, 2002. — 396 с.
6	Воеводин, В.В. Параллельные вычисления : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2002 .
7	Параллельное программирование : Message Passing Interface : справ. материалы: Для студ. 3 к. д/о / Воронеж. гос. ун-т. Каф. информ. систем; Сост. В.В.Фертиков.Ч. 1. — 2002. — 56 с.
8	Параллельное программирование : Message Passing Interface: Справ. материалы: Для студ. 3 к. д/о / Воронеж. гос. ун-т. Каф. информ. систем. Сост. В.В. Фертиков. Ч. 2. — 2002. — 36 с.
9	Параллельное программирование в MPI : учебно-методическое пособие для вузов : [для проведения лаб. занятий по предмету "Параллельное программирование" со студ. 4 к. д/о специальности 010503-математическое обеспечение и администрирование информационных систем] / Воронеж. гос. ун-т ; сост. Г.Э, Вошинская. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. — 69 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
10	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. – http://www.lib.vsu.ru/
11	ЭБС «Издательство Лань» http://e.lanbook.com/

16. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

ОС Windows, Microsoft Visual Studio 2015, библиотека MPI.

17. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория с проектором, доска, лаборатория с компьютерами.

18. Фонд оценочных средств:

18.1.Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1.1 Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение	Знать: Средства ПО , используемые в параллельном программировании.	Разделы 1 - 12	Комплект КИМ.
	Уметь: выбрать подходящие	— « —	Выполнение индивидуальных заданий

	системные средства среды разработки.		лабораторного практикума.
ПК-1.2 Представляет/оформляет полученные результаты работы в соответствии с действующими технологическими регламентами/требованиями	Знать: идеи, лежащие в основе распределенной обработки данных; основные идеи параллельности и и конвейерности обработки данных.	— « —	Комплект КИМ.
	Уметь: использовать навыки выбора, проектирования, реализации, оценки качества и анализа эффективности программного обеспечения для решения задач в различных предметных областях.	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
	Владеть: навыками проектирования, реализации параллельных программ.	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
ПК-3.1 Демонстрирует знание методов и способов формализации и алгоритмизации поставленных задач, способы анализа требований к ПО, методологии проектирования ПО	Знать: идеи, лежащие в основе построения параллельных алгоритмов; основные способы распараллеливания алгоритмов.	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
	Уметь: выбрать алгоритм, подходящий для данной задачи; реализовывать выбранный алгоритм, используя системные средства среды разработки.	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
	Владеть: навыками проектирования, реализации параллельных программ	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
ПК-3.2 Создает программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными и оформляет его в соответствии с установленными требованиями, проверяет и отлаживает его	Знать: идеи, лежащие в основе распараллеливания алгоритмов; основные особенности архитектуры компьютеров, используемые в параллельном программировании; алгоритмы, используемые в параллельном программировании.	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
	Уметь: выбрать подходящий алгоритм при решении поставленной задачи; реализовать выбранный алгоритм, используя системные средства среды разработки.	— « —	Выполнение индивидуальных заданий лабораторного практикума.
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене/зачете используются следующие показатели:

- 1) владение навыками реализации программ с использованием системных средств среды разработки;
- 2) знание основных идей распределенной обработки данных;
- 3) знание и умение реализовать алгоритмы, параллельной обработки данных;
- 4) знание теоретического материала.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Знание теоретического материала, правильное и эффективное решение задачи, правильные ответы на тестовые вопросы. Должны быть выполнены ВСЕ лабораторные работы по дисциплине <i>Параллельное программирование</i> .	<i>Пороговый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Не выполнены задачи лабораторного практикума или серьезные пробелы в знании теоретического материала по дисциплине <i>Параллельное программирование</i> .	–	<i>Не зачтено</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Параллельные компьютеры и супер-ЭВМ.
2. Краткая история появления параллелизма в архитектуре ЭВМ.
3. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ. Классификация Флинна. SISD- SIMD- MISD- MIMD-компьютеры. Основные элементы архитектуры высокопроизводительных систем. Суперскалярные процессоры. RISC- процессоры. Процессоры со сверхдлинным командным словом.
4. Организация оперативной памяти. Связь между элементами параллельных вычислительных систем. Статические топологии. Маршрутизация. Динамические топологии. Методы коммутации.
5. Особенности программирования параллельных вычислений. Последовательная и параллельная модели программирования. Парадигмы параллельного программирования. Параллелизм данных. Параллелизм задач.
6. Разработка параллельного алгоритма. Декомпозиция. Проектирование коммуникаций между задачами. Укрупнение. Планирование вычислений. Количественные характеристики быстродействия. Программные средства высокопроизводительных вычислений.
7. Введение в параллельное программирование с использованием MPI. Операции обмена сообщениями. Организация MPICH. Подпрограммы MPI_INIT, MPI_FINALIZE, MPI_COMM_SIZE, MPI_COMM_RANK, MPI_SEND, MPI_RECV. Структура MPI-программы.
8. Обмен данными в MPI. Двухточечный обмен сообщениями. Стандартная передача. Синхронная передача. Буферизованная передача. Передача «по готовности».
9. Совместные приём и передача.
10. Управление окружающей средой. Таймеры и синхронизация. Широковещательная рассылка. Операция приведения и сканирования.
11. Коллективный обмен данными. Обмен с синхронизацией. Управление областью взаимодействия и группой процессов. Создание групп процессов. Получение информации о группе. Управление коммуникаторами. Операции обмена между группами процессов.
12. Виртуальные топологии. Перекрывание топологий. Функции декартовых топологий.
13. Определяемые пользователем типы данных и упаковка данных. Строители типов.

14. Ввод и вывод. Библиотека ROMIO. Пример вычисления произведения двух матриц в различных топологиях.

19.3.2 Перечень практических заданий

Иллюстрируется на примере КИМ

ПРИМЕРЫ

КИМ

Вопросы	1. Двухточечный обмен сообщениями. 2. Виртуальные топологии. Перекрывание топологий.
---------	---

19.3.3 Перечень заданий для лабораторных работ

Иллюстрируется на примерах индивидуальных заданий

Пример задания № 1

Требуется вычислить значения суммы ряда в n точках заданного интервала $[A, B]$ с точностью ε . Процесс-мастер вводит с клавиатуры A , B , ε и n , вычисляет аргументы $x_1=A$, $x_2, \dots, x_n=B$ и рассылает каждому процессу n/k (k – количество запущенных процессов) значений, используя функцию `MPI_Scatter` и значение ε с помощью функции `MPI_Bcast`. Каждый процесс вычисляет значения функции в полученных точках и отправляет процессу-мастеру с помощью функции `MPI_Gather`. Процесс-мастер выводит полученные результаты и точные значения функции в соответствующих точках в виде таблицы.

$$\frac{\sin(x)}{x} = 1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} + \dots \quad (R=\infty).$$

Пример задания № 2

Получить результат операции пересечения двух множеств, хранимых как вектора произвольной длины.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если задача решена правильно (возможно с небольшими недочетами);
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если не выполняются вышеуказанные критерии оценки.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме сдачи лабораторных заданий.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя вопросы, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.