МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Факультет электроники и вычислительной техники

УТВЕРЖДЕНО
Факультет электроники и вычислительной техники
Декан Авдеюк О.А.
г.

Введение в параллельное программирование

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой **Электронно-вычислительные машины и системы**

Учебный план Направление 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Профиль "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети"

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Срок обучения **4 года**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах: зачеты 6

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	**6(3.2)**		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	32	32	32	32
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64.25	64.25	64.25	64.25
Сам. работа	43.75	43.75	43.75	43.75
Часы на контроль	0	0	0	0
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	108	108	0	0

ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

доцент Егунов Виталий Алексеевич ктн

Рецензент(ы):
(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Введение в параллельное программирование

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 929)

составлена на основании учебного плана:

Направление 09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Профиль "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети"

Профиль:

утвержденного учёным советом вуза от 05.06.2019 протокол № 12.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Электронно-вычислительные машины и системы

номер протокола 2019 г.
Зав. кафедрой Андреев Андрей Евгеньевич

СОГЛАСОВАНО:
Факультет электроники и вычислительной техники
Председатель НМС факультета: Авдеюк О.А.

Протокол заседания НМС от
г. №

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики) актуализирована 31.08.2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.
Цели преподавания дисциплины:
- формирование у студентов системы знаний о методах постановки задач для их решения с использованием параллельных вычислительных средств;
- формирование у студентов системы знаний о методах подготовки и решения научно-технических задач с использованием средств и распространенных технологий параллельного программирования.
Задачи изучения дисциплины:
- подготовка специалистов, нацеленных на применение параллельных вычислительных систем в профессиональной деятельности;
- выработка умений и навыков выполнения декомпозиции сложных задач для их решения на параллельных вычислительных системах;
- выработка навыков применения распространенных технологий параллельного программирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Сети и телекоммуникации
2.1.2	Операционные системы
2.1.3	Архитектура вычислительных систем
2.1.4	Информатика
2.1.5	Математическая логика и теория алгоритмов
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Введение в разработку программного обеспечения
2.2.2	Теория автоматов
2.2.3	Современные операционные системы и их администрирование

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)
ПК-2: Способен анализировать и сопровождать требования к системе, разрабатывать технические задания на создание и модернизацию систем, проектировать системы малого, среднего и крупного масштаба и сложности
ПК-2.1: Знать: принципы и способы анализа и требований к системам, разработок технических заданий на создание и модернизацию систем: принципы, способы и методы проектировании сложных технических, программных и информационных систем
Результаты обучения: Знает методы проектирования параллельных программ, создания параллельных алгоритмов, принципы разработки технических заданий на создание и модернизацию параллельных программ
ПК-2.2: Уметь: анализировать и сопровождать требования к системе, разрабатывать технические задания на создание и модернизацию систем, проектировать системы малого, среднего и крупного масштаба и сложности.
Результаты обучения: Умеет модифицировать и осуществлять анализ алгоритмов для реализации в виде параллельных программ в соответствии с техническим заданием
ПК-2.3: Владеть навыком: анализа и сопровождения требований к системе, разработок технических заданий на создания и модернизации систем, проектирования систем малого, среднего и крупного масштаба и сложности.
Результаты обучения: Владеет навыками разработки параллельных программ для параллельных вычисли-тельных систем различного типа, в т.ч. неод-нородных параллель-ных вычислительных систем
ПК-3: Способен проектировать программное обеспечение и базы данных, разрабатывать и отлаживать программный код, преобразовать программный код и структуры данных для повышения их эффективности, проводить рефакторинг программных приложений и баз данных
ПК-3.1: Знать: методы проектирования программного обеспечения и баз данных, разработки и настройки программного кода, преобразований программного кода и структуры данных для повышения их эффективности, проведения рефакторинга программных приложений и баз данных.
Результаты обучения: Знает методы разработки х программ для параллельны вычислительных систем с общей и распределенной памятью
ПК-3.2: Уметь: проектировать программное обеспечение и базы данных, разрабатывать и отлаживать программный код, преобразовать программный код и структуры данных для повышения их эффективности, проводить рефакторинг программных приложений и баз данных.
Результаты обучения: Умеет создавать программы для параллельных вычислительных систем с общей памятью и многопроцессорных распределенных комплексов с передачей сообщений

ПК-3.3: Владеть навыком: проектирования программного обеспечения и базы данных, разработок и настройки программного кода, преобразовывать программный код и структуры данных для повышения их эффективности, провождения рефакторинга программных приложений и баз данных.
Результаты обучения: Владеет навыками анализа и оценки эффективности программ для параллельны вычислительных систем с общей и распределенной памятью
ПК-9: Администрирование процесса контроля производительности сетевых устройств и программного обеспечения
ПК-9.1: Знать: методы и способы администрирования процесса контроля производительности сетевых устройств и программного обеспечения
Результаты обучения: Знает методы оценки производительности параллельных вычислительных систем
ПК-9.2: Уметь: администрировать процесс контроля производительности сетевых устройств и программного обеспечения
Результаты обучения: Умеет использовать современные инст-рументальные средства, предназначенные для разработки, отладки и профилирования параллельных программ
ПК-9.3: Владеть: навыками администрирования процесса контроля производительности сетевых устройств и программного обеспечения
Результаты обучения: Владеет навыками разработки и эксплуатации параллельных программ для ногопроцессорных распределенных комплексов с передачей сообщений

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	**Раздел 1. Обучение**			
1.1	Общие сведения о параллельных вы-числительных системах /Тема/	6	0	
1.1.1	Классификация параллельных вычисли-тельных систем и комплексов. Мультипро-цессоры и мультикомпьютеры. Векторные системы. /Лек/	6	2	З, Ко
1.2	Характеристики параллельных алго-ритмов /Тема/	6	0	
1.2.1	Этапы разработки параллельных алгорит-мов. Моделирование и анализ параллель-ных вычислений. Понятие идеальной вы-числительной системы. Граф вычислений. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Закон Амдала. Суперлинейное ускорение. Информационные зависимости. /Лек/	6	4	З, Ко
1.3	Особенности разработки параллельных программ для систем с общей памятью /Тема/	6	0	
1.3.1	Проблема когерентности кеш-памяти. Про-токол MSI, его развитие. Оптимизация па-раллельных алгоритмов для эффективного использования кеш-памяти. Понятие про-цесса. Понятие потока. Основные методы синхронизации потоков /Лек/	6	2	З, Ко
1.3.2	Влияние кеш-памяти на скорость работы программ в системах с общей памятью. Суперлинейное ускорение /Ср/	6	4	З, Ко
1.4	Параллельное программирование с ис-пользованием OpenMP /Тема/	6	0	
1.4.1	Основные принципы программирования. Основные конструкции OpenMP. Директивы. /Лек/	6	4	З, Кр
1.4.2	Технология OpenMP /Лаб/	6	4	З, Ко
1.4.3	Атрибуты доступа к данным в OpenMP. Параллельные циклы. Параллельные секции. /Ср/	6	4	З, Кр
1.5	Синхронизация и балансировка парал-лельных потоков в OpenMP /Тема/	6	0	
1.5.1	Виды синхронизации. Балансировка за-грузки процессоров. /Лек/	6	4	З, Кр
1.5.2	Технология OpenMP /Лаб/	6	4	З, Ко
1.5.3	Простые и множественные замки OpenMP. Разработка параллельных программ «поставщик - потребитель» /Ср/	6	4	З, Кр
1.6	Механизм заданий (tasks) в OpenMP /Тема/	6	0	
1.6.1	Директива task. Синхронизация заданий. Выполнение заданий. /Лек/	6	4	З, Кр
1.6.2	Изучение механизма заданий (tasks) в OpenMP /Лаб/	6	8	З, Ко
1.6.3	Простые и множественные замки OpenMP. Разработка параллельных программ «читатели - писатели» /Ср/	6	4	З, Кр
1.7	Технологии программирования систем с передачей сообщений. /Тема/	6	0	
1.7.1	Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов. Общая характеристика интерфейса передачи сообщений MPI.Структура MPI программ. Простые примеры применения MPI. /Лек/	6	4	З, Кр
1.7.2	Основы MPI. Запуск задач на кластере /Лаб/	6	8	З, Ко
1.7.3	MPI. Операции типа «точка - точка» /Ср/	6	4	З, Кр

1.8	Передача/прием сообщений между от-дельными процессами. /Тема/	6	0	
1.8.1	Операции типа точка-точка. Синхронные и асинхронные операции. Коллективные взаимодействия процессов. Коммуникаторы и группы. /Лек/	6	4	З, Кр
1.8.2	MPI. Операции пересылки данных. Отладка MPI - программ /Лаб/	6	8	З, Ко
1.8.3	MPI. Коллективные операции /Ср/	6	4	З, Кр
1.9	Пересылка разнотипных данных /Тема/	6	0	
1.9.1	Создание пользовательских типов данных. Понятие виртуальных топологий. /Лек/	6	4	З, Кр
1.9.2	MPI. Коммуникаторы и группы /Ср/	6	6	З, Кр
2	**Раздел 2. Самостоятельная работа**			
2.1	Контрольная работа /Тема/	6	0	
2.1.1	Контрольная работа «Разработка параллельной программы для системы с общей памятью и распределенной системы с передачей сообщений» /Ср/	6	13.75	З, Кр
3	**Раздел 3. Промежуточная аттестация**			
3.1	Зачет /Тема/	6	0	
3.1.1	Зачет /КоРа/	6	0.25	З

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП-отчет по практике.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

Контрольная работа
На контрольную работу студенту выдается индивидуальное задание (по вариантам).
Работа выполняется в письменной форме в течение 10 недель с момента выдачи задания. Контрольный срок сдачи – последний месяц семестра.

Примерное содержание контрольной работы
1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Основная часть
4. Список использованных источников (включая источники Интернет).

Содержание основной части контрольной работы

1. Разработка последовательной программы.
2. Разработка параллельной программы для вычислительных систем с общей памятью (OpenMP).
3. Оценка полученного ускорения, эффективности параллельной программы(OpenMP).
4. Разработка параллельной программы для вычислительных систем с распределенной памятью (MPI).
5. Оценка полученного ускорения, эффективности параллельной программы(MPI).

Правила оформления контрольной работы

- контрольная работа оформляется в редакторе MS Word (*.doc, *.docx);
- листы формата А4, ориентация книжная;
- поля: левое – 2 см, остальные – по 1 см;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта 14 pt;
- междустрочный интервал – 1,5;
- абзацный отступ – 1,25 см;
- нумерация страниц сквозная, номер на первой странице не ставится;
- в конце работы необходим список использованной литературы согласно ГОСТ Р 7.0.5 – 2008.

Примеры заданий к контрольной работе

Составить программы для решения задачи по варианту с использованием технологий параллельного программирования.
1. Решение гравитационной задачи N тел
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса
3. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса - Зейделя
4. Задача о 8 ферзях (найти количество расстановок N ферзей на доске N*N)
5. Сортировка Шелла

6. Выполнение QR-разложения исходной матрицы с использованием отражений Хаусхолдера.
7. Выполнение QR-разложения исходной матрицы с использованием вращений Гивенса.
8. Поиск кратчайшего пути на графе
9. Вычисление обратной матрицы

Программы необходимо разработать в среде Microsoft Visual Studio на языке программирования C/C++.
Требования к результатам, полученным в результате выполнения контрольной работы. Необходимо:
- разработать последовательный вариант программы решения задачи по варианту;
- при необходимости модифицировать его для получения параллельного алгоритма решения задачи;
- распараллелить полученную программу с использованием технологии OpenMP;
- получить зависимости характеристик ускорения и эффективности от размерности решаемой задачи при распараллеливания с использованием технологии OpenMP, от размеров блоков, на которые разбивается задача при распараллеливании; результат оформить в табличной и графической форме.
- проанализировать полученные результаты (OpenMP), сделать выводы;
- распараллелить полученную программу с использованием технологии MPI;
- получить зависимости характеристик ускорения и эффективности от размерности решаемой задачи при распараллеливания с использованием технологии MPI, от размеров блоков, на которые разбивается задача при распараллеливании; результат оформить в табличной и графической форме.
- проанализировать полученные результаты (MPI), сделать выводы.

Список вопросов для зачета

1. Приведите классификацию вычислительных систем по Флинну.
2. Приведите примеры системы SIMD.
3. Приведите примеры системы MIMD.
4. Какие Вы знаете параллельные вычислительные системы с общей памятью?
5. Приведите примеры параллельных вычислительных систем с общей памятью.
6. Приведите примеры параллельных вычислительных систем с распределенной памятью.
7. Зачем при анализе алгоритмов используется граф алгоритма на идеальной вычислительной ма-шине?
8. Что такое степень параллелизма, средняя степень параллелизма?
9. Какие приемы используются при разработке параллельных программ для систем с общей памятью для повышения эффективности работы кеш-памяти?
10. Что такое ускорение и эффективность параллельной программы?
11. Что такое суперлинейное ускорение?
12. Для чего нужна кеш-память процессора?
13. Поясните понятие «когерентность кешей».
14. Каким образом обеспечивается когерентность кеш-памяти?
15. Поясните понятие процесса, потока, основные механизмы синхронизации вычислительных пото-ков.
16. Что такое информационная зависимость? Какие виды информационных зависимостей Вы знаете?
17. Какие технологии разработки программ для параллельных вычислительных систем с общей и рас-пределенной памятью Вы знаете?
18. Расскажите механизм работы протоколов обеспечения когерентности кешей на примере протокола MSI.
19. Назовите основные составляющие OpenMP.
20. Поясните модель памяти OpenMP
21. Назоваите основные распараллеливающие конструкции OpenMP.
22. Поясните, что означают ключевые слова shared, private, firstprivate, lastprivate.
23. Каким образом в программ OpenMP. Используется директива threadprivate?
24. Как в OpenMP. осуществляется распараллеливание циклов?
25. Как в OpenMP. Осуществляется балансировка параллельных циклов?
26. Поясните механизм использования параллельных секций OpenMP.
27. Что такое атомарная операция, критическая секция в OpenMP?
28. Барьерная синхронизация. Виды барьеров.
29. Директивы single, master.
30. Механизм заданий в OpenMP.
31. Каким образом в OpenMP осуществляется выполнение заданий.
32. Назовите задачи, которые решаются средствами заданий, но не могди быть решены в более ранней версии OpenMP.
33. Что такое MPI?
34. Что такое группа процессов, коммуникатор?
35. Каким образом осуществляется запуск программ MPI?
36. Типы данных MPI.
37. Приведите пример простейшей программы MPI.
38. Что такое операции «точка-точка» в MPI?
39. Какие типы операций типа «точка-точка» Вы можете назвать в MPI?
40. Блокирующие операции обмена типа «точка-точка»
41. Неблокирующие операции обмена типа «точка-точка»
42. Коллективные операции.

43.	Коллективная операция рассылки данных.
44.	Коллективные операция распределения данных.
45.	Коллективные операция сбора данных.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год.	Электронный адрес
Л.1	Ортега Дж.	Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем	М.: Мир, 1991	
Л.2	Бэбб Р.	Программирование на параллельных вычислительных системах	Москва: Мир, 1994	
Л.3	Хокни Р., Джессхочп К.	Параллельные ЭВМ: Архитектура, программирование и алгоритмы	Москва: Радио и связь, 1986	
Л.4	Андреев А. Е., Егунов В. А.	Практикум по основам параллельного программирования: учеб.-метод. пособие	Волгоград: ВолгГТУ, 2019	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Лебедев, А. С. Технология параллельного программирования : учебно-методическое пособие / А. С. Лебедев, Ш. Г. Магомедов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 98 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176524 (дата обращения: 25.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
Э2	Стуколов, С. В. Параллельное программирование. Практикум : учебное пособие / С. В. Стуколов. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 273 с. — ISBN 978-5-8353-2723-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/173547 (дата обращения: 25.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.3 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Microsoft Visual Studio 2019
6.3.1.2	Microsoft MPI

6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ

7.1	Лаборатория сетевых технологий / Мультимедийный класс
7.2	1) ПЭВМ Intel DualCore 2ГГц / 2Гб RAM / LCD 19" - 8 шт.; 2) экран EliteScreens; 3) проектор Acer 1200;
7.3	Учебная лаборатория
7.4	1) Ноутбуки HP Elitebook 8460p – 4 шт., 2) Ноутбуки HP EliteBook 8570p - 4 шт. 3) Ноутбук Lenovo ThinkPad T420 – 4 шт. 4) экран EliteScreens; 5) проектор Acer 1203; 6) доступ в Интернет и к наукометрическим базам данных
7.5	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся./Учебная мебель, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета (читальный зал информационно-библиотечного центра)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Андреев А.Е., Егунов В.А. Параллельное программирование: учебно – методическое пособие. ВолгГТУ, 2018