

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
цифровых технологий



С.Д.Кургалин
30.06.2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.13 ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

02.03.01 Математика и компьютерные науки

2. Профиль подготовки/специализация: для всех профилей

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: цифровых технологий

6. Составители программы: Борзунов Сергей Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент

7. Рекомендована: Научно-методическим советом факультета компьютерных наук (протокол № 6 от 25.06.2018)

8. Учебный год: 2019-2020

Семестр(ы): 3

9. Цели и задачи учебной дисциплины: дать представление об основных направлениях в развитии высокопроизводительных вычислительных систем, дать обзор средств параллельного программирования, рассмотреть идеи параллельного программирования с помощью интерфейса передачи сообщений, изучить модели функционирования параллельных программ.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к вариативной части блока Б1. Для успешного освоения дисциплины необходимо предварительное изучение математического анализа и программирования.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

| Компетенция | | Планируемые результаты обучения |
|-------------|---|---|
| Код | Название | |
| ОПК-4 | Способность находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем. | <p>знать: методы и средства параллельной обработки информации, основные технологии распределённых вычислений и обработки данных;</p> <p>уметь: использовать средства программирования параллельных вычислений с учетом особенностей их реализации;</p> <p>владеть: практическими навыками решения вычислительных задач с помощью технологий параллельного программирования.</p> |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 4/144.

Форма промежуточной аттестации: 3 семестр – экзамен.

13. Виды учебной работы

| Вид учебной работы | Трудоемкость (часы) | |
|------------------------|---------------------|--------------|
| | Всего | По семестрам |
| | | 3 сем. |
| Аудиторные занятия | 66 | 66 |
| в том числе: | | |
| лекции | 34 | 34 |
| практические | 16 | 16 |
| лабораторные | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа | 42 | 42 |
| Экзамен | 36 | 36 |
| Итого: | 144 | 144 |

13.1. Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины |
|---|--|--|
| 1. Лекции | | |
| 1.1 | Введение в высокопроизводительные вычисления | Введение. Роль и значение высокопроизводительных вычислений в современном мире. Производительность вычислительных систем. Закон Амдала. |
| 1.2 | Технологии параллельного программирования | Параллельное программирование с использованием MPI. Структура MPI-программы. Сообщения, их передача и прием. Синхронное и асинхронное взаимодействие. Коллективный обмен данными. Виды коллективного обмена, барьеры, широковещательная рассылка данных. Коммуникаторы и топологии. Производные типы данных. Компиляция и отладка MPI-программ. Система программирования OpenMP. Распределенные вычисления с использованием GRID технологий. |
| 1.3 | Параллельные алгоритмы | Информационный граф алгоритма. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Умножение матрицы на вектор. Матричное умножение. Сортировка. Обработка графов. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. |
| 1.4 | Архитектура параллельных вычислительных систем | Пути повышения производительности процессоров: CISC- и RISC-процессоры. Конвейеризация. Суперскалярная, VLIW, векторная архитектуры. Кэш-память. Многопроцессорные архитектуры с общей и распределенной памятью. Классификация Флинна. Транспьютеры. |
| 1.5 | Взаимодействующие процессы | Понятия процесса и ресурса. Примитивы создания и завершения процессов. Принципы организации взаимодействия процессов. Задача взаимного исключения. Семафоры. Использование графических способов представления при проектировании и анализе параллельных программ. |
| 1.6 | Информационно-вычислительные сети | Классификация вычислительных сетей. Характеристики топологии сети. Механизмы передачи данных. Протокол передачи данных. Стандарты на реализации коммуникационной среды. Мониторный узел. Перегрузка сети. Структура распределенных ОС. Проблема тупиков. |
| 2. Лабораторные и практические занятия | | |
| 2.1 | Введение в высокопроизводительные вычисления | Введение. Роль и значение высокопроизводительных вычислений в современном мире. Производительность вычислительных систем. Закон Амдала. |
| 2.2 | Технологии параллельного программирования | Параллельное программирование с использованием MPI. Структура MPI-программы. Сообщения, их передача и прием. Синхронное и асинхронное взаимодействие. Коллективный обмен данными. Виды коллективного обмена, барьеры, широковещательная рассылка данных. Коммуникаторы и топологии. Производные типы данных. Компиляция и отладка MPI-программ. Система программирования OpenMP. Распределенные вычисления с использованием GRID технологий. |
| 2.3 | Параллельные алгоритмы | Информационный граф алгоритма. Показатели эффективности параллельного алгоритма. Умножение матрицы на вектор. Матричное умножение. Сортировка. Обработка графов. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. |
| 2.4 | Архитектура параллельных вычислительных систем | Пути повышения производительности процессоров: CISC- и RISC-процессоры. Конвейеризация. Суперска- |

| | | |
|-----|-----------------------------------|---|
| | | лярная, VLIW, векторная архитектуры. Кэш-память. Многопроцессорные архитектуры с общей и распределенной памятью. Классификация Флинна. Транспьютеры. |
| 2.5 | Взаимодействующие процессы | Понятия процесса и ресурса. Примитивы создания и завершения процессов. Принципы организации взаимодействия процессов. Задача взаимного исключения. Семафоры. Использование графических способов представления при проектировании и анализе параллельных программ. |
| 2.6 | Информационно-вычислительные сети | Классификация вычислительных сетей. Характеристики топологии сети. Механизмы передачи данных. Протокол передачи данных. Стандарты на реализации коммуникационной среды. Мониторный узел. Перегрузка сети. Структура распределенных ОС. Проблема тупиков. |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (часов) | | | | |
|-------|--|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1 | Введение в высокопроизводительные вычисления | 4 | 2 | 2 | 4 | 12 |
| 2 | Технологии параллельного программирования | 4 | 4 | 4 | 8 | 20 |
| 3 | Параллельные алгоритмы | 8 | 4 | 4 | 8 | 24 |
| 4 | Архитектура параллельных вычислительных систем | 6 | 2 | 2 | 8 | 18 |
| 5 | Взаимодействующие процессы | 6 | 2 | 2 | 6 | 16 |
| 6 | Информационно-вычислительные сети | 6 | 2 | 2 | 8 | 18 |
| | Итого: | 34 | 16 | 16 | 42 | 108 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

- рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- методические указания и пособия;
- контрольные задания для закрепления теоретического материала;
- электронные версии учебников и методических указаний для выполнения практических работ.

Форма организации самостоятельной работы: подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий; выполнение контрольных работ.

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

а) основная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | Уильямс, Э. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ / Э. Уильямс. — Москва : ДМК Пресс, 2012. — 672 с. — <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232041 >. |
| 2 | Борзунов, С.В. Практикум по параллельному программированию : учебное пособие / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин, М.В. Куцов. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. — 78 с. |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 3 | Лупин С.А. Технологии параллельного программирования / С.А.Лупин, М.А.Посыпкин – М. : ИД «Форум» - Инфра-М, 2008.- 208 с. |
| 4 | Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, В. В. Воеводин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с. – 608 с. |
| 5 | Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования / К.Ю.Богачев. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 342 с. |
| 6 | Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI / В.Д. Корнеев. – Москва-Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003. – 304 с. |
| 7 | Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования / Г.Р. Эндрюс; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с. |
| 8 | Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. - Н.Новгород : ННГУ, 2003. – 121 с. <URL: http://www.software.unn.ac.ru/ccam/files/HTML_Version/index.html > |
| 9 | Немнюгин С.А. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем / С.А. Немнюгин, О. Л. Стесик. - СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 400 с. |
| 10 | Бартенев О.В. Современный Фортран / О.В. Бартенев. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2005. – 445 с. |
| 11 | Артемьев И.Л. Fortran: основы программирования / И.Л. Артемьев. – М. : Диалог-МИФИ, 2006. – 302 с. |
| 12 | Миллер Р. Последовательные и параллельные алгоритмы : общий подход / Р.Миллер, Л. Боксер; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 407 с. |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 13 | www.lib.vsu.ru –ЗНБ ВГУ |
| 14 | Cluster resources. Веб-сайт: http://www.clusterresources.com |
| 15 | Open Grid Forum. Веб-сайт: http://www.gridforum.org/ |

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1 | Борзунов, С.В. Практикум по параллельному программированию : учебное пособие / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин, М.В. Куцов. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. — 78 с. |

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: лекционная аудитория, компьютерный класс.

19. Фонд оценочных средств:

19.1 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) |
|---|--|---|---------------------------|
| ОПК-4 | Знать: методы и средства параллельной обработки информации, основные технологии распределённых вычислений и обработки данных. | Разделы 1-6 | Лабораторные работы 1-9 |
| | Уметь: использовать средства программирования параллельных вычислений с учетом особенностей их реализации. | Разделы 1-6 | Лабораторные работы 1-9 |
| | Владеть: практическими навыками решения вычислительных задач с помощью технологий параллельного программирования. | Разделы 1-6 | Лабораторные работы 1-9 |
| Промежуточная аттестация | | | КИМ |

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

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание методов и средств параллельной обработки информации, основных технологий распределённых вычислений и обработки данных;
- 2) умение использовать средства программирования параллельных вычислений с учетом особенностей их реализации;
- 3) владение практическими навыками решения вычислительных задач с помощью технологий параллельного программирования.

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

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|--|--------------------------------------|---------------------|
| Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся демонстрирует высокий уровень владения материалом, ориентируется в предметной области, верно отвечает на все дополнительные вопросы. | Повышенный уровень | Отлично |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному или двум из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Допускаются ошибки при воспроизведении части теоретических положений. | Базовый уровень | Хорошо |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трём из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Сформированные знания основных понятий, определений и теорем, изучаемых в курсе, не всегда полное их понимание с затруднениями при воспроизведении. | Пороговый уровень | Удовлетворительно |
| Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым четырём из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных понятий, определений и теорем, используемых в курсе. | — | Неудовлетворительно |

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 экзамену

Раздел 1. Введение в высокопроизводительные вычисления

1. Современные концепции и средства параллельного программирования.
2. Принципы программирования для ЭВМ с общей и распределенной памятью.
3. Роль и значение высокопроизводительных вычислений в современном мире.
4. Производительность вычислительных систем.
5. Закон Амдала.

Раздел 2. Технологии параллельного программирования

1. Структура MPI-программы.
2. Сообщения, их передача и прием.
3. Синхронное и асинхронное взаимодействие.
4. Коллективный обмен данными.
5. Виды коллективного обмена, барьеры, широковещательная рассылка данных. Коммуникаторы и топологии.
6. Производные типы данных.
7. Компиляция и отладка MPI-программ.
8. Система программирования OpenMP.

Раздел 3. Параллельные алгоритмы

1. Информационный граф алгоритма.
2. Показатели эффективности параллельного алгоритма.
3. Умножение матрицы на вектор.
4. Матричное умножение.
5. Сортировка.

Раздел 4. Архитектура параллельных вычислительных систем

1. Пути повышения производительности процессоров: CISC- и RISC-процессоры.
2. Конвейеризация.
3. Многопроцессорные архитектуры с общей и распределенной памятью.
4. Классификация Флинна.

Раздел 5. Взаимодействующие процессы

1. Понятия процесса и ресурса.
2. Примитивы создания и завершения процессов.
3. Принципы организации взаимодействия процессов. Задача взаимного исключения.
4. Семафоры.

Раздел 6. Информационно-вычислительные сети

1. Классификация вычислительных сетей.
2. Характеристики топологии сети.
3. Механизмы передачи данных.
4. Проблема тупиков.

19.3.2 Перечень лабораторных работ

1. Табулирование функций.
2. Компиляция и отладка MPI-программ.
3. Основные функции MPI. Процедуры Send, Recv.
4. Основные функции MPI. Процедуры Bcast, Scatter, Scatterv.
5. Основные функции MPI. Процедуры Gather, Gatherv, Alltoall..
6. Основные функции MPI. Процедуры Reduce, AllReduce, Scan
7. Основные функции MPI. Процедуры Bcast, Scatter, Scatterv.
8. Базовые параллельные алгоритмы. Задача о сумме.
9. Базовые параллельные алгоритмы. Задача о префиксе.

Типовое задание для лабораторной работы

Лабораторная работа № 1 «Табулирование функций»

Цель работы: изучение и исследование параллельных методов табулирования функций.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает написание программы, реализующей изучаемые методы, и проверку её работы на контрольном примере.

Отчёт о работе проводится в виде собеседования и заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма и ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую параллельное вычисление таблицы значений функции с использованием OpenMP. Проверить работу программы на контрольном примере. Исследовать сходимость методов и провести сравнение по числу шагов, потребовавшихся для достижения указанной точности.

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 формах: письменного опроса и контрольных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования, а также в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе контроля знаний на факультете компьютерных наук ВГУ.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

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