

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

направление подготовки «(27.04.04) Управление в технических системах»
направленность «Интеллектуальные системы адаптивного управления»
Квалификация выпускника: магистр

Кострома
2021

Рабочая программа дисциплины «Высокопроизводительные параллельные вычисления» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (утвержден приказом Минобрнауки России от 11.08.2020 № 942) по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах (уровень магистратуры)».

Разработал:

В.В. Олоничев, к.т.н., доцент кафедры АМТ

Рецензент:

М.А. Смирнов, к.т.н., доцент кафедры АМТ

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

Заведующий кафедрой автоматике и микропроцессорной техники:

Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

Протокол заседания кафедры № 9 от 12.05.2021г.

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры Автоматики и микропроцессорной техники:

Протокол заседания кафедры № 8 от 04.03.2022 г.

Заведующий кафедрой автоматики и микропроцессорной техники:

Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры Автоматики и микропроцессорной техники:

Протокол заседания кафедры № 6 от 21.04.2023 г.

Заведующий кафедрой автоматики и микропроцессорной техники:

Староверов Борис Александрович, д.т.н., профессор

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины — формирование у студентов знаний, умений и навыков создания и использования программ, обеспечивающих высокопроизводительные параллельные вычисления.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

числовые типы данных и особенности машинной арифметики;
способы создания и использования векторных типов данных;
способы создания потоков и методы синхронизации, используемые в параллельных вычислениях.

уметь:

осуществлять реорганизацию кода и использовать ключи компилятору для повышения производительности программы;
использовать intrinsic-функции для операций над векторными данными.

владеть:

навыками написания программ, использующих параллелизм данных;
навыками написания программ, использующих параллелизм кода.

Освоить компетенцию:

ПК-2: Способен выполнять разработку и техническую поддержку инфокоммуникационных систем и их составляющих.

Код и содержание индикаторов освоения компетенций:

ИПК2.1. Умеет применять современный инструментарий проектирования программно-аппаратных средств для решения задач автоматизации и управления.

ИПК2.2. Выполняет техническую поддержку инфокоммуникационных систем и их составляющих.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина Б1.В.05 относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Изучается во 2 семестре очной формы обучения. Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах: «Программирование» и «Управляющие системы реального времени». Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин/практик: «Теория и технология распределенных вычислений». Междисциплинарный проект.

4. Объем дисциплины

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4
Общая трудоемкость в часах	144
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	48
Лекции	16

Практика	16
Лабораторные занятия	16
Самостоятельная работа в часах	91.75
Контроль	4.25
Форма промежуточной аттестации	Зачёт

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	16
Консультации	
Зачет/зачеты	0.25
Экзамен/экзамены	-
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	4
Практическая подготовка	
Всего	52.25

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
1	Числовые объекты и операции над ними	12	2	2	-	8
2	Методы повышения производительности вычислений	22	4	4	-	14
3	Параллелизма данных	30	4	4	8	14
4	Параллелизм кода	34	6	6	8	14
5	Курсовой проект	46				46
	Итого:	144	16	16	16	96

5.2. Содержание

1. Числовые объекты и операции над ними.

Типы числовых объектов, используемых в компьютерных вычислениях. Аппаратная и программная реализация. Целые и вещественные; двоичные и десятичные; фиксированная разрядность и произвольная точность. Источники погрешностей при вычислениях с плавающей точкой.

2. Методы повышения производительности вычислений.

Вычислительные задачи, требующие максимальной производительности и методы

ее повышения. Повышение производительности путем реорганизации исходного кода. Повышение производительности использованием флагов компилятору.

3. Параллелизм данных.

Вычислительные системы SIMD. Векторные регистры и операции с ними. Блоки AVX2 и NEON. Векторные типы данных и их поддержка компиляторами языка Си. Intrinsic-функции и их использование.

4. Параллелизм кода.

SMP-системы и многопоточность. Закон Амдала. Потoki и средства синхронизации между ними по спецификации POSIX. Сравнение барьеров и семафоров как средства синхронизации в многопоточных вычислительных задачах. Спецификация OpenMP; директивы компилятору и библиотечные функции. Использование GPU и FPGA для параллельных вычислений. Понятие о языке OpenCL.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1	Числовые объекты и операции над ними	Изучение лекционного материала.	8	Изучить: - материалы лекции; - учебник [1]; - методические указания [1];	Вопросы по темам/разделам дисциплины Тестовое задание
2	Методы повышения производительности вычислений	Изучение лекционного материала.	14	Изучить: - материалы лекции; - учебник [1]; - методические указания [1];	Вопросы по темам/разделам дисциплины Тестовое задание
3	Параллелизма данных	Изучение лекционного материала. Оформление отчета по лабораторной работе	14	Изучить: - материалы лекции; - учебник [1]; - методические указания [1]; Отчет по лабораторной работе подготовить в соответствии с методическими указаниями [4].	Вопросы по темам/разделам дисциплины Тестовое задание Защита лабораторных работ
4	Параллелизм кода	Изучение лекционного материала. Оформление	14	Изучить: - материалы лекции; - учебник [1]; - методические указания	Вопросы по темам/разделам дисциплины Тестовое задание Защита

		отчета по лабораторной работе		[1]; Отчет по лабораторной работе подготовить в соответствии с методическими указаниями [4].	лабораторных работ
5	Курсовой проект	Выполнение курсового проекта	46	Методические указания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Занятие 1. Машинная реализация числовых объектов. Целые числа, прямой и дополнительный код. Бинарно-десятичные числа. Целые числа с произвольной разрядностью.

Занятие 2. Числа с фиксированной и плавающей точкой. Стандарт IEEE-754. Источники погрешностей при вычислениях на числах с плавающей точкой.

Занятие 3. Бинарно-десятичные числа с плавающей точкой и их использование для денежных расчетов.

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

Лабораторная работа 1. Программные способы повышения скорости вычислений.

Лабораторная работа 2. Векторные вычисления. Регистровая модель AVX. Intrinsic-функции.

Лабораторная работа 3. Параллелизм кода. Создание потоков и их синхронизация. Использование OMP для многопоточных вычислительных задач.

6.4. Тематика и методические указания по выполнению курсовой работы

Тема курсового проекта «Оптимизация по скорости процесса параметрической идентификации объекта управления».

В ходе работы каждый студент получает индивидуальную виртуальную модель объекта управления, осуществляющую интегрирование системы обыкновенных дифференциальных уравнений в реальном времени и включающая в себя эмуляторы АЦП и ЦАП. Задачей работы является написание оптимизированного по скорости кода на языке Си для параметрической идентификации данного объекта методом наименьших квадратов на основе экспериментальных данных, полученных в ходе вычислительного эксперимента.

В ходе работы сравниваются результаты прироста производительности при распараллеливании кода и данных, а также в результате распроектирования кода.

Полученная разностная модель объекта верифицируется сравнением с экспериментальными данными и построением графиков.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная:

1. Параллельные вычисления и многопоточное программирование./В.А. Биллиг. —

М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016 — 310 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/100361>.

2. Теория и практика параллельных вычислений./В.П.Гергель В.П. — М.: Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016 — 500 с. ISBN: 978-5-94774-645-7; URL: <https://e.lanbook.com/100527>.

б) дополнительная:

1. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах: Учебное пособие / Некрасов К.А., Поташников С.И., Боярченков А.С., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 102 с. ISBN 978-5-9765-3182-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/949717>

в) методические указания

1. Высокопроизводительные параллельные вычисления: метод. указания / сост. В.В. Олоничев. URL: <ftp://amt401/pub/ovv/>.

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

Информационно-образовательные ресурсы:

CS338. Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование. [Электронный ресурс]. - URL: http://www.hpcc.unn.ru/mskurs/cs338_ppr_index.htm.

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «Лань».
2. ЭБС «Университетская библиотека online».
3. ЭБС Znanium.com.
4. Научная электронная библиотека ELIBRARY.

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

Лекционная аудитория должна быть оснащена презентационным оборудованием (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран).

Компьютерный класс Б-403:

лицензионное проприетарное программное обеспечение не используется.