

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра математического обеспечения вычислительных систем

Авторы-составители: **Замятина Елена Борисовна**
Чупин Антон Викторович
Деменев Алексей Геннадьевич
Городилов Алексей Юрьевич

Рабочая программа дисциплины
ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ
Код УМК 61540

Утверждено
Протокол №9
от «24» мая 2019 г.

Пермь, 2019

1. Наименование дисциплины

Параллельное программирование

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Параллельное программирование** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)

ОПК.2 способность создавать, анализировать, реализовывать математические и информационные модели с применением современных вычислительных систем

ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников

ПК.7 способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (4)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Параллельное программирование. Первый семестр

Дисциплина «Параллельное программирование» включена в вариативную часть профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки бакалавров 010400.62 (Прикладная математика и информатика). Дисциплина нацелена на формирование общекультурных и профессиональных компетенций выпускника, обладающего способностью использовать языки и системы программирования, а также инструментальные средства для решения различных профессиональных, исследовательских и прикладных задач в области параллельного программирования и способного продемонстрировать владение приемами работы с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения профессиональных задач. В связи с развитием высокопроизводительной техники, появлением многопроцессорных вычислительных систем, кластеров, суперкомпьютеров, многоядерных процессоров, графических процессоров изучение концепций организации вычислительных систем с параллельной архитектурой, методов и алгоритмов параллельного программирования является актуальным.

Дисциплина включает разделы, в которых подробно рассматриваются вычислительные системы с параллельной архитектурой, математические схемы для исследования параллельных программ, технологии параллельного программирования, алгоритмы для решения ряда классических задач, особенности организации языков и систем параллельного программирования. Много внимания уделяется приобретению практических навыков параллельного программирования. В процессе изучения дисциплины студентам рекомендуется выполнить индивидуальные задания, при выполнении которых они должны продемонстрировать навыки программирования с использованием коммуникационной библиотеки MPI, OpenMP и технологии CUDA.

Раздел 1. Предпосылки использования параллельного программирования

Раздел включает информацию об истории и предпосылках развития параллельных вычислений. Более подробно: Предпосылки и резервы повышения эффективности вычислений. Проблемы использования параллелизма. Материал раздела позволит студентам приобрести компетенции в применении принципов параллельного программирования для решения профессиональных задач

Раздел 2. Архитектуры и технологии создания параллельных вычислительных систем

В разделе достаточно подробно рассматриваются вычислительные системы с параллельной архитектурой, приводятся их сравнительные характеристики. К таким системам относят: суперкомпьютеры, кластеры, ВС с многоядерными процессорами, ВС с графическими процессорами. Приводится классификация ВС с параллельной архитектурой и особенности создания параллельных алгоритмов. Кроме того, рассматриваются проблемы, с которыми сталкивается разработчик параллельных алгоритмов при решении профессиональных исследовательских и прикладных программ. Теоретические знания подкрепляются практическими занятиями, на которых с помощью конкретных инструментальных средств студенты разрабатывают параллельные алгоритмы. Все это позволяет студентам выработать компетенцию, связанную со способностью использовать языки и системы программирования, инструментальные средства для решения различных профессиональных, исследовательских и прикладных задач в области параллельного программирования

Раздел 3. Математические схемы и методы для анализа параллельных программ

В разделе подробно рассматриваются математические схемы, используемые для анализа параллельных программ. В числе этих схем более подробно рассматриваются сети Петри. Студентам предлагается найти примеры применения сетей Петри для анализа параллельных и распределенных программ, что позволяет им выработать компетенцию, связанную с владением приемами работы с информацией из различных источников, включая сетевые ресурсы сети Интернет, для решения профессиональных и

социальных задач

Раздел 4. Оценка сложности параллельных алгоритмов

В разделе рассматривается одна из фундаментальных тем, связанная с оценкой сложности параллельных алгоритмов. При выполнении индивидуальных заданий, связанных с разработкой параллельных алгоритмов для поставленных им задач, студенты смогут применить теоретический материал, связанный с оценкой параллельных алгоритмов, вырабатывая компетенцию, связанную со способностью использовать языки и системы программирования, инструментальные средства для решения различных профессиональных, исследовательских и прикладных задач в области параллельного программирования

Раздел 5. Системы и языки параллельного программирования

В разделе рассматриваются языковые средства для написания параллельных программ, а именно, расширения известных и широко применяемых языков (C, Fortran), языки, специально разработанные для разработки параллельных алгоритмов, коммуникационные библиотеки MPI, OpenMP. Особое внимание уделяется технологии CUDA (графические процессоры) и современным разработкам фирм INTEL, IBM, Microsoft. Представленный в разделе теоретический материал позволит студентам выработать компетенцию, связанную со способностью использовать языки и системы программирования, инструментальные средства для решения различных профессиональных, исследовательских и прикладных задач в области параллельного программирования

Раздел 6. Параллельные алгоритмы для типовых задач вычислительной математики

В разделе рассматриваются алгоритмы, разработанные для типовых задач вычислительной математики, приводятся оценки сложности этих алгоритмов при реализации их на ЭВМ с той или иной архитектурой. Предложенный теоретический материал позволит студентам решить их профессиональные и исследовательские задачи, применяя полученные при изучении раздела знания.

Экзамен

Итоговое контрольное мероприятие проводится в виде письменного экзамена.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Параллельное программирование: учеб.-метод. пособие/Е. Б. Замятина, Н. В. Водовоз, В. В. Ланин, Л. Н. Лядова.-Пермь: ПГУ, 2007, ISBN 5-7944-0827-8.-88.-Библиогр.: с. 86-87
2. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Малявко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 129 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11827-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/446247>

Дополнительная:

1. Алабужев А. А. Основы параллельного программирования: учеб.-метод. пособие/А. А. Алабужев.-Пермь: Перм. гос. ун-т, 2007, ISBN 5-7944-0931-2.-100.-Библиогр.: с. 96
2. Антонов А. С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: [учебное пособие для вузов по направлениям 010400 "Прикладная математика и информатика", 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии"]/А. С. Антонов.-Москва: Издательство Московского государственного университета, 2012, ISBN 978-5-211-06343-3.-339.-Библиогр.: с. 333-334
3. Корнеев В. Д. Параллельное программирование в MPI: учеб. пособие/В. Д. Корнеев.-М. : Ижевск: Ин-т компьютерных технологий, 2003, ISBN 5-93972-239-3.-304.-Библиогр.: с. 302-303

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.intuit.ru/studies/courses/1110/153/info> Параллельное программирование

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Параллельное программирование** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Visual Studio

Пакет JetBrains: DataGrip, PyCharm Community, IntelliJ Idea Ultimate

GPSS World Student Version

транслятор экрана VNC-viewer

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий - меловая и (или) маркерная доска, компьютерный класс (аппаратное и программное обеспечение определено в Паспортах компьютерных классов)

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными

компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Параллельное программирование**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников</p>	<p>умение проводить поиск необходимой информации о современных технологиях в различных источниках</p>	<p align="center">Неудовлетворител не способен самостоятельно работать с источниками информации о современных методах и технологиях параллельного программирования</p> <p align="center">Удовлетворительн способен изучить указанные источники информации</p> <p align="center">Хорошо способен находить и изучать разнообразные ресурсы информации и применять их на практике</p> <p align="center">Отлично способен самостоятельно находить и изучать актуальные источники информации, работать с разнообразными ресурсами, вычленять основные тезисы и применять их на практике</p>
<p>ПК.7 способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения</p>	<p>умение выбирать и использовать наиболее подходящие алгоритмы и программные решения для решения конкретной задачи с помощью параллельного программирования</p>	<p align="center">Неудовлетворител не способен решить вычислительную задачу с помощью технологий параллельного программирования</p> <p align="center">Удовлетворительн способен решить вычислительную задачу, пользуясь указанными алгоритмом и технологией параллельного программирования</p> <p align="center">Хорошо способен довести решение вычислительной задачи от условия до безошибочно работающего продукта, пользуясь указанной технологии параллельного программирования</p> <p align="center">Отлично способен самостоятельно довести решение вычислительной задачи от условия до безошибочно работающего продукта,</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично пользуясь подходящей для задачи технологии параллельного программирования

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 48 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 48 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников	Раздел 1.Предпосылки использования параллельного программирования Входное тестирование	Знание основных алгоритмов и структур данных и умение реализовывать их на языках высокого уровня (С, Fortran)
ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников	Раздел 3.Математические схемы и методы для анализа параллельных программ Защищаемое контрольное мероприятие	способность самостоятельно находить и изучать актуальные источники информации о технологиях параллельного программирования, умение работать с разнообразными ресурсами (онлайн-курсы, справочники, техническая литература, форумы), умение вычленять основную полезную информацию об алгоритмах и технологиях параллельного программирования; умение выбрать математическую схему параллельного программирования; умение проанализировать параллельный алгоритм

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников	Раздел 4. Оценка сложности параллельных алгоритмов Защищаемое контрольное мероприятие	способность самостоятельно выбрать необходимый параллельный алгоритм или разработать его; умение проанализировать его временную сложность и сложность по памяти; умение оценить его параллельную эффективность и потери при коммуникациях
ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников	Раздел 5. Системы и языки параллельного программирования Защищаемое контрольное мероприятие	способность самостоятельно реализовать алгоритм парадигме параллельного программирования MPI, OpenMP или CUDA; умение построить эффективную безошибочную программу на его основе
ПК.5 способность осуществлять целенаправленный поиск информации о новейших научных и технологических достижениях в сети Интернет и из других источников ПК.7 способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	Раздел 6. Параллельные алгоритмы для типовых задач вычислительной математики Защищаемое контрольное мероприятие	способность довести решение вычислительной задачи от условия до безошибочно работающего продукта, пользуясь указанной технологией параллельного программирования

Спецификация мероприятий текущего контроля

Раздел 1. Предпосылки использования параллельного программирования

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
знание основных алгоритмов и структур данных	5
знание синтаксиса языка C или Fortran	5

Раздел 3. Математические схемы и методы для анализа параллельных программ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
умение выбрать математическую схему параллельного программирования; умение проанализировать параллельный алгоритм	15
способность самостоятельно находить и изучать актуальные источники информации о технологиях параллельного программирования, умение работать с разнообразными ресурсами (онлайн-курсы, справочники, техническая литература, форумы), умение вычленять основную полезную информацию об алгоритмах и технологиях параллельного программирования	10
умение проанализировать параллельный алгоритм	5

Раздел 4. Оценка сложности параллельных алгоритмов

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
умение оценить его параллельную эффективность и потери при коммуникациях	11
умение проанализировать его временную сложность и сложность по памяти	9

Раздел 5. Системы и языки параллельного программирования

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
способен самостоятельно реализовать алгоритм парадигме параллельного программирования MPI; умение построить эффективную безошибочную программу на его основе	15
способен самостоятельно реализовать алгоритм парадигме параллельного программирования OpenMP ; умение построить эффективную безошибочную программу на его основе	10
способен самостоятельно реализовать алгоритм парадигме параллельного программирования CUDA; умение построить эффективную безошибочную программу на его основе	5

Раздел 6. Параллельные алгоритмы для типовых задач вычислительной математики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
умение реализовать параллельный алгоритм, пользуясь конкретной технологией параллельного программирования	6
умение проанализировать вычислительную и параллельную эффективность полученной программы	5
способность перевести естественный язык задачи на математический язык параллельного алгоритма; умение выбрать эффективный алгоритм для данной задачи	5
умение обоснованно доказать правильность выбранной технологии и алгоритма для эффективности решения вычислительной задачи	4