

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра математического обеспечения вычислительных систем

**Авторы-составители: Тюрин Сергей Феофентович
Чуприна Светлана Игоревна
Городилов Алексей Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЛОЖНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Код УМК 86397

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

Пермь, 2019

1. Наименование дисциплины

Математические основы сложности и надежности вычислительных систем

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в Блок « Блок1.А.00 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **09.06.01** Информатика и вычислительная техника
направленность Системный анализ, управление и обработка информации

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Математические основы сложности и надежности вычислительных систем** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

09.06.01 Информатика и вычислительная техника (направленность : Системный анализ, управление и обработка информации)

ПК.1 Владеет фундаментальными знаниями в области информатики и вычислительной техники в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

Индикаторы

ПК.1.2 Способен проектировать и реализовывать масштабируемые высоконагруженные интеллектуальные информационные системы

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	09.06.01 Информатика и вычислительная техника (направленность: Системный анализ, управление и обработка информации)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Математические основы сложности и надежности вычислительных систем

Анализ сложности алгоритмов

Введение. Цели и задачи курса.

Понятие алгоритма и его уточнения: машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции.

Место и роль построения оценки сложности алгоритма при создании информационной системы.

Верхняя, средняя и нижняя оценки сложности алгоритма. Вычисление сложности линейного алгоритма, ветвления, цикла. Сложность алгоритма поиска максимального элемента. Сложность алгоритма сортировки массива простым выбором. Рекурсивные алгоритмы и рекуррентные соотношения для анализа их сложности. Сложность алгоритма переноса «Ханойской башни». Сложность рекурсивного алгоритма вычисления чисел Фибоначчи. Особые случаи анализа сложности. Решение рекуррентных соотношений особого вида. Оптимизированный алгоритм умножения длинных целых чисел. Сложность рекурсивного алгоритма быстрой сортировки. Немонотонные функции сложности алгоритмов.

Экспериментальные оценки сложности алгоритмов. Реализация алгоритма в виде программы. Языки программирования как способ записи алгоритмов. Процедурные, функциональные, объектно-ориентированные языки программирования, логическое программирование, модульное программирование. Системы программирования, их компоненты

Операционные системы как среда выполнения программ.

Сложность задач

Разрешимые и неразрешимые проблемы, невычислимые функции, проблема останова.

Lambda-исчисление как формализация понятия вычислимости.

Понятие полиномиальной сводимости. Классы сложности задач. Классы P, NP, NPC.

Задача ВЫПОЛНИМОСТЬ. Принадлежность задачи 2-ВЫПОЛНИМОСТЬ классу P, доказательство принадлежности задачи 3-ВЫПОЛНИМОСТЬ классу NP.

Приближенные алгоритмы для NP-трудных задач. Доказательство несуществования полиномиального алгоритма с фиксированной точностью для общей задачи коммивояжера.

Динамическое программирование на примере задач о минимальном покрытии

Эффективные полиномиальные алгоритмы

Примеры эффективных (полиномиальных) алгоритмов: быстрые алгоритмы поиска и сортировки; полиномиальные алгоритмы для задач на графах и сетях.

Полиномиальные алгоритмы в теории расписаний.

Типы заданий и типы расписаний. Оптимальное по стоимости расписание для одного процессора и системы независимых заданий. Оптимальное расписание для системы заданий единичной длительности и древовидной структуры графа зависимостей, произвольное число процессоров. Оптимальное расписание для системы заданий единичной длительности с произвольным графом зависимостей, для двух процессоров. Аномалии многопроцессорных расписаний. Оптимальное расписание с прерываниями для системы независимых заданий, для произвольного числа процессоров. Почти оптимальное расписание с прерываниями для системы заданий с произвольным графом зависимостей, для произвольного числа процессоров.

Неклассические алгоритмы

Вероятностные алгоритмы. Надежность вероятностного алгоритма. Вероятностный алгоритм поиска максимального элемента, его сложность; доказательство неулучшаемости надежности.

Самокорректирующиеся алгоритмы. Алгоритм надежного поиска посредством ненадежных сравнений. Случай невозможности достижения высокой надежности. Самокорректирующийся алгоритм

сортировки.

Введение в квантовую теорию. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. Основные представления о квантовых алгоритмах. Математические основы криптографии с открытым ключом. Возможное применение квантовой теории в криптографии.

Общие понятия и основные определения эвристических алгоритмов. Понятие генетического алгоритма. История создания генетических алгоритмов. Модификации классического генетического алгоритма.

Параллельные вычисления

Понятие параллельной и распределенной обработки данных. Модель параллельного выполнения программы с общей памятью и модель передачи сообщений: организация параллельных вычислений на принципе консенсуса и на основе выбора; методы определения завершения параллельных вычислений.

Представление о сетях Петри для анализа свойств параллельных программ.

Классификация вычислительных систем (ВС) по способу организации параллельной обработки.

Многопроцессорные и многомашинные комплексы. Вычислительные кластеры. Компьютерные сети.

Сетевые ОС, модель клиент-сервер.

Надежность алгоритмов, программ, вычислительных систем

Понятие надежности программного обеспечения. Классификации ошибок. Модели надежности ПО.

Развитие математической теории надежности ПО вычислительных систем.

Формальное доказательство правильности (завершаемости) программ с помощью логики предикатов.

Эмпирические измерения сложности и надежности алгоритмов. Многоверсионное ПО.

Надежность кодирования информации. Коды с исправлением ошибок.

Учёт надёжности аппаратного обеспечения. Функционально –полные толерантные вычислительные системы.

Понятие гарантоспособных вычислительных систем. Применение алгебры логики при оценке надежности функционирования вычислительных систем.

Надежность приложений баз данных.

Способы оценки сложности и надежности эвристических алгоритмов

Общие понятия и основные определения эвристических алгоритмов. Понятие генетического алгоритма.

История создания генетических алгоритмов. Модификации классического генетического алгоритма.

Надежность ГА (сходимость к истинному решению задачи). Способы оценки сложности и надежности ГА.

Экзамен

Экзамен проводится с целью систематизации и закрепления знаний по дисциплине "Математические основы сложности и надежности вычислительных систем".

Экзаменационный билет состоит из 2 теоретических вопросов. Первый вопрос относится к сложности алгоритмов и задач. Второй вопрос относится к тематике надежности программ и вычислительных систем, а также неклассических алгоритмов и параллельных вычислений.

Полный список вопросов приведен в разделе "Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации".

Экзамен проводится в письменной форме.

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. Аляев Ю. А., Тюрин С. Ф. Дискретная математика и математическая логика: учебник для студентов вузов / Ю. А. Аляев, С. Ф. Тюрин. - Москва: Финансы и статистика, 2006, ISBN 5-279-03045-7. - 366. - Библиогр.: с. 355-357
2. Дacun Н. Н. Теоретические основы информационных систем: учебно-методическое пособие / Н. Н. Дacun. - Пермь: ПГНИУ, 2019, ISBN 978-5-7944-3353-1. - 100. <https://elis.psu.ru/node/591954>

Дополнительная:

1. Грэхем Р. Л., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основание информатики / Р. Л. Грэхем, Д. Кнут, О. Паташник ; ред. А. Б. Ходулев ; пер.: Б. Б. Походзей, А. Б. Ходулев. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009, ISBN 978-5-94774-997-7. - 703. - Библиогр.: с. 651-683
2. Тарасов, В. Н. Математическое программирование. Теория, алгоритмы, программы : учебное пособие / В. Н. Тарасов, Н. Ф. Бахарева. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 222 с. — ISBN 5-7410-0559-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/73832.html>
3. Шень, А. Х. Методы построения алгоритмов : практикум / А. Х. Шень. — 3-е изд. — Москва, Саратов : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 335 с. — ISBN 978-5-4497-0354-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/89445.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.ispras.ru/programming/> Журнал «Программирование» РАН

<http://sv-journal.org/indexed.php?lang=ru> Электронный журнал «Научная визуализация»

<http://window.edu.ru/> Федеральный портал. Библиотека. Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<http://www.osp.ru> Сайт издательства "Открытые системы"

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

Образовательный процесс по дисциплине **Математические основы сложности и надежности вычислительных систем** 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

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

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 компьютерами 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
Математические основы сложности и надежности вычислительных систем**

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

ПК.1

Владеет фундаментальными знаниями в области информатики и вычислительной техники в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.2 Способен проектировать и реализовывать масштабируемые высоконагруженные интеллектуальные информационные системы</p>	<p>Знать различные подходы к проектированию и реализации интеллектуальных информационных систем, в том числе на основе генетических алгоритмов (ГА) Уметь - анализировать сложность различных алгоритмов, строить асимптотические оценки, сравнивать сложность алгоритмов; - строить эффективные алгоритмы решения трудных задач; Владеть - способами построения оценок сложности алгоритмов и надежности вычислительных систем; - методами сравнения реальных программ на предмет сложности и надежности; - способами формального обоснования корректности выбранного алгоритма</p>	<p align="center">Неудовлетворител не знает предусмотренных программой методов проектирования и реализации интеллектуальных информационных систем, не владеет навыками их использования при решении практических задач или использует неподходящие методы, не умеет оценивать сложность алгоритмов и надежность вычислительных систем</p> <p align="center">Удовлетворительн знает некоторые из предусмотренных программой методов проектирования и реализации интеллектуальных информационных систем, владеет некоторыми навыками их использования при решении предусмотренных программой практических задач, используемые методы не всегда являются наиболее подходящими, умеет оценивать сложность основных алгоритмов и надежность вычислительных систем</p> <p align="center">Хорошо знает предусмотренные программой методы проектирования и реализации интеллектуальных информационных систем, владеет отдельными навыками их использования при решении предусмотренных программой практических задач , использует подходящие методы, умеет оценивать сложность алгоритмов и надежность вычислительных систем</p> <p align="center">Отлично в совершенстве знает предусмотренные программой методы проектирования и реализации интеллектуальных информационных систем, владеет полным</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>набором навыков и использует наиболее подходящие методы, умеет оценивать сложность алгоритмов и надежность вычислительных систем, выполнять сравнение алгоритмов с точки зрения сложности и надежности и выбирать наиболее эффективные</p>

Оценочные средства

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Письменное контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации :
1.5

Показатели оценивания

Пробелы в знаниях основного учебно-программного материала; наличие принципиальных ошибок в выполнении предусмотренных программой заданий.	Неудовлетворител
Знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности; выполнение предусмотренных в программе заданий; знакомство с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "удовлетворительно" выставляется аспирантам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Удовлетворительн
Полное знание учебно-программного материала; успешное выполнение предусмотренных в программе заданий; хороший уровень усвоения основной литературы, рекомендованной в программе. Как правило, оценка "хорошо" выставляется аспирантам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Хорошо
Всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала; успешное выполнение предусмотренных в программе заданий; высокий уровень усвоения основной и демонстрация знания дополнительной литературы, рекомендованной программой. Как правило, оценка "отлично" выставляется аспирантам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и	Отлично

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

Очная форма обучения

1. Понятие алгоритма и его уточнения: машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Эквивалентность данных формальных моделей алгоритмов.
2. Lambda-исчисление как формализация понятия вычислимости. Правила редукции, единственность нормальной формы и правила ее достижения, представление рекурсивных функций.
3. Языки программирования как способ записи алгоритмов. Процедурные языки программирования (C, Pascal), функциональные языки программирования (Lisp, F#), логическое программирование (Пролог), объектно-ориентированные языки программирования (C++, C#).
4. Операционные системы как среда выполнения алгоритмов. Структура и функции операционных систем. Основные блоки и модули. Основные средства аппаратной поддержки функций операционных систем (ОС).
5. Понятие сложности алгоритма. Верхняя, нижняя и средняя оценки сложности.
6. Основные правила вычисления сложности алгоритма (сложность линейного алгоритма, ветвления, цикла). Примеры.
7. Анализ сложности рекурсивных алгоритмов. Примеры.
8. Экспериментальное исследование сложности алгоритмов с помощью систем программирования (СП). Типовые компоненты СП: языки, трансляторы, редакторы связей, отладчики, текстовые редакторы. Модульное программирование.
9. Понятие сложности задачи. Классы сложности задач. Классы P, EXP.
10. Недетерминированная машина Тьюринга. Класс NP (два определения).
11. Понятие полиномиальной сводимости. Класс NPC. Примеры NP-полных задач.
12. Задача ВЫПОЛНИМОСТЬ, ее частные случаи. Принадлежность классам сложности.
13. Разрешимые и неразрешимые проблемы, невычислимые функции. Примеры.
14. Примеры эффективных (полиномиальных) алгоритмов: быстрые алгоритмы поиска и сортировки; полиномиальные алгоритмы для задач на графах и сетях.
15. Автоматы как способ формального описания вычислителя. Эксперименты с автоматами. Алгебры регулярных выражений. Теорема Клини о регулярных языках.
16. Приближенные алгоритмы. Приближенные алгоритмы для задачи об упаковке в контейнеры. Приближенный алгоритм для евклидовой задачи коммивояжера.
17. Вероятностные алгоритмы. Класс BPP. Вероятностный алгоритм проверки числа на простоту. Вероятностный алгоритм проверки тождественности полиномов.
18. Понятие надежности программного обеспечения. Классификации ошибок. Модели надежности программного обеспечения.
19. Исчисление предикатов первого порядка. Понятие интерпретации. Выполнимость и общезначимость формулы первого порядка.
20. Формальное доказательство правильности (завершаемости) программ с помощью логики предикатов.
21. Надежность кодирования информации. Коды с исправлением ошибок. Алфавитное кодирование. Методы сжатия информации.
22. Алгебра логики. Булевы функции. Понятие полной системы. Критерий полноты Поста. Применение алгебры логики при оценке надежности функционирования вычислительных систем.
23. Надёжность аппаратного обеспечения. Функционально-полные толерантные вычислительные

системы. Понятие гарантоспособных вычислительных систем.

24. Понятие параллельной и распределенной обработки данных. Языки и инструментальные средства параллельного программирования.

25. Представление о сетях Петри для анализа свойств параллельных программ. Проблема достижимости.

26. Классификация вычислительных систем (ВС) по способу организации параллельной обработки. Многопроцессорные и многомашинные комплексы. Вычислительные кластеры.

27. Слабосвязанные вычислительные системы. Компьютерные сети. Операционные средства управления сетями. Эталонная модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI. Маршрутизация и управление потоками данных в сети. Локальные и глобальные сети. Сетевые ОС, модель клиент-сервер.

28. Общие понятия и основные определения эвристических алгоритмов. Понятие генетического алгоритма. История создания генетических алгоритмов. Модификации классического генетического алгоритма.

29. Надежность ГА (сходимость к истинному решению задачи). Способы оценки сложности и надежности ГА.

30. Вопросы сложности и надежности построения приложений баз данных.