

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

Кафедра математического обеспечения вычислительных систем

Авторы-составители: **Городилов Алексей Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины
АЛГОРИТМЫ И АНАЛИЗ СЛОЖНОСТИ
Код УМК 69446

Утверждено
Протокол №5
от «09» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Алгоритмы и анализ сложности

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление подготовки: **01.03.02** Прикладная математика и информатика
направленность Системное программирование и компьютерные технологии

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Алгоритмы и анализ сложности** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Системное программирование и компьютерные технологии)

ОПК.3 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач

Индикаторы

ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Системное программирование и компьютерные технологии)
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:	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 (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Алгоритмы и анализ сложности. Первый семестр

В результате изучения выпускник должен:

иметь представление о важности построения оценки сложности алгоритма в процессе создания информационной системы; о современных тенденциях в развитии теории алгоритмов; знать основные способы оценки сложности алгоритмов; основные классы сложности задач, понятие вычислимости; основные стратегии алгоритмов; основные алгоритмы обработки информации; понятие надежности программного обеспечения; уметь анализировать сложность алгоритма, строить асимптотические оценки, сравнивать сложность алгоритмов; определять принадлежность задачи классу сложности, использовать различные стратегии алгоритмов для обработки информации; приобрести навыки разработки алгоритмов для решения практических задач, связанных с обработкой информации и оценки сложности таких алгоритмов; сравнения реальных программ на предмет сложности.

Тема 1. Основы анализа сложности

Понятие сложности алгоритма. Эмпирические измерения эффективности алгоритмов. Верхняя, средняя и нижняя оценки сложности алгоритма. Вычисление сложности линейного алгоритма, ветвления, цикла. Порядок роста функции, асимптотическая оценка сложности. Рекуррентные соотношения с постоянными коэффициентами. Рекурсивные алгоритмы и рекуррентные соотношения для анализа их сложности. Решение рекуррентных соотношений особого вида.

Тема 2. Сложность задач

Сложность задачи. Классы сложности задач. Классы P, EXP. Недетерминированная машина Тьюринга. Класс NP. Задачи оптимизации и задачи принятия решения, строгое определение класса NP. Понятие полиномиальной сводимости. Класс сложности NPC. Задача ВЫПОЛНИМОСТЬ. Доказательство NP-полноты задач. Точность и погрешность приближенных алгоритмов. Задачи, NP-полные в сильном смысле и слабом смысле. Задача об оптимальной одномерной упаковке. Задача коммивояжера на плоскости; алгоритм Кристофидиса. Задача о вершинном покрытии.

Тема 3. Основы теории вычислимости и особые случаи анализа сложности

Особые случаи анализа сложности. Немонотонные функции сложности алгоритмов. Разрешимые и неразрешимые проблемы, невычислимые функции. Примеры алгоритмически неразрешимых задач, проблема останова.

Тема 4. Вероятностные алгоритмы

Вероятностные алгоритмы. Тесты простоты числа. Вероятностный алгоритм проверки тождественности полиномов. Классы сложности BPP, RP, co-RP. Надежность вероятностного алгоритма.

Тема 5. Некоторые алгоритмы обработки информации

Основные алгоритмы над числами. Последовательный и бинарный поиск. Сортировка массивов. Алгоритмы обработки строк. Поиск подстрок. Алгоритм Рабина-Карпа. Алгоритм Кнута-Морриса-Пратта. Хеширование. Хеш-функции. Коллизии и способы их разрешения. Хеш-таблицы, ассоциативные массивы. Алгоритмы работы с бинарными деревьями.

Практическая работа "Алгоритмы обработки информации"

Необходимо реализовать заданные алгоритмы решения заданной задачи (по вариантам) в виде законченной компьютерной программы, составить отчет, подготовить презентацию и выступить с докладом о полученных результатах

Итоговая контрольная работа

Список вопросов для подготовки к итоговой контрольной работе.

1. Понятие сложности алгоритма. Максимальная, минимальная и средняя оценки сложности.
2. Основные правила вычисления сложности алгоритма (сложность линейного алгоритма, ветвления, цикла). Примеры.
3. Рекуррентные соотношения с постоянными коэффициентами.
4. Анализ сложности рекурсивных алгоритмов. Примеры.
5. Особые случаи анализа сложности (на примере алгоритма Евклида вычисления НОД).
6. Понятие сложности задачи. Классы сложности задач. Классы P, EXP.
7. Недетерминированная машина Тьюринга. Класс NP.
- 8 Задачи оптимизации и задачи принятия решения (распознавания). Формальное определение класса NP.
- 9 Понятие полиномиальной сводимости. Класс NPC. Примеры NP-полных задач.
10. Задачи, NP-полные в сильном и слабом смысле. Примеры. Приближенный алгоритм для задачи о вершинном покрытии.
11. Приближенные алгоритмы для задачи об упаковке в контейнеры.
- 12 Приближенный алгоритм для евклидовой задачи коммивояжера.
- 13 Разрешимые и неразрешимые проблемы, невычислимые функции. Примеры.
14. Вероятностные алгоритмы. Класс BPP. Вероятностный алгоритм проверки числа на простоту.
15. Алгоритмы поиска подстроки в строке.

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. Тюрин С. Ф.,Аляев Ю. А. Дискретная математика: практическая дискретная математика и математическая логика:учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 210440 - Телекоммуникации/С. Ф. Тюрин , Ю. А. Аляев.- Москва:Финансы и статистика,2010, ISBN 978-5-279-03463-5.-384.-Библиогр.: с. 382
2. Вирт, Никлаус Алгоритмы и структуры данных / Никлаус Вирт ; перевод Ф. В. Ткачева. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 272 с. — ISBN 978-5-4488-0101-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/88753.html>

Дополнительная:

1. Пападимитриу Х.,Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность/Х. Пападимитриу, К. Стайглиц ; пер. В. Б. Алексеев.-Москва:Мир,1985.-512.
2. Галкина В. А. Дискретная математика: комбинаторная оптимизация на графах:учебное пособие/В. А. Галкина.-Москва:Гелиос АРВ,2003, ISBN 5-85438-069-2.-232.-Библиогр.: с. 227-228

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://bookfi.org/book/814648> Сухомлин В.А. "Алгоритмы и анализ сложности"

<http://intsys.msu.ru/staff/vnosov/theoralg.htm> Носов В.А. "Основы теории алгоритмов и анализа их сложности"

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

Образовательный процесс по дисциплине **Алгоритмы и анализ сложности** 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:

- офисный пакет «LibreOffice» или аналогичный
- Microsoft Visual Studio

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
Алгоритмы и анализ сложности**

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

ОПК.3

Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные способы оценки сложности алгоритмов; - важнейшие классы сложности задач, понятие вычислимости; - основные алгоритмы обработки информации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать сложность различных алгоритмов, строить асимптотические оценки, сравнивать сложность алгоритмов; - определять принадлежность задачи тому или иному классу сложности, выявлять алгоритмически неразрешимые задачи; - обосновывать сложность сформулированной задачи; - применять эффективные алгоритмы обработки информации. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками построения оценки сложности алгоритмов; - навыками разработки алгоритмов для решения практических задач, связанных с обработкой информации. 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Крайне слабые знания способов оценки сложности алгоритмов, классов сложности задач, примеров алгоритмически неразрешимых задач, алгоритмов обработки информации. Не умеет анализировать сложность алгоритмов, обосновывать сложность сформулированной задачи, применять алгоритмы обработки информации. Не владеет навыками построения оценки сложности алгоритмов, разработки алгоритмов для решения практических задач.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие знания способов оценки сложности алгоритмов, важнейших классов сложности задач, примеров алгоритмически неразрешимых задач, основных алгоритмов обработки информации. В целом умеет анализировать сложность алгоритмов, обосновывать сложность сформулированной задачи, применять алгоритмы обработки информации. Владеет базовыми навыками построения оценки сложности алгоритмов, разработки алгоритмов для решения практических задач.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных способов оценки сложности алгоритмов, важнейших классов сложности задач, понятия вычислимости, примеров алгоритмически неразрешимых задач, основных алгоритмов обработки информации. Умеет анализировать сложность алгоритмов, сравнивать их сложность, определять</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p>Хорошо принадлежность задачи тому или иному классу сложности, обосновывать сложность сформулированной задачи, применять эффективные алгоритмы обработки информации. В целом успешно владеет навыками построения оценки сложности алгоритмов, разработки алгоритмов для решения практических задач.</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания способов оценки сложности алгоритмов, классов сложности задач, понятия вычислимости. В совершенстве умеет анализировать сложность различных алгоритмов, строить асимптотические оценки, сравнивать сложность алгоритмов, определять класс сложности задачи, доказывать алгоритмическую неразрешимость задачи, применять эффективные алгоритмы обработки информации. Уверенное владение навыками построения оценки сложности алгоритмов, разработки алгоритмов для решения практических задач.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2019

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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Тема 1. Основы анализа сложности Входное тестирование	Знания по школьному курсу информатики, дисциплинам "Алгоритмизация и программирование", "Теоретические основы информатики"
ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи	Контрольная работа "Сложность алгоритмов и задач" Письменное контрольное мероприятие	Знать основные способы оценки сложности алгоритмов, важнейшие классы сложности задач, понятие вычислимости; уметь анализировать сложность различных алгоритмов, строить асимптотические оценки, сравнивать сложность алгоритмов; определять принадлежность задачи тому или иному классу сложности, выявлять алгоритмически неразрешимые задачи; обосновывать сложность сформулированной задачи; владеть навыками построения оценки сложности алгоритмов.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи	Практическая работа "Алгоритмы обработки информации" Защищаемое контрольное мероприятие	Знать основные стратегии алгоритмов, основные алгоритмы обработки информации; уметь использовать различные стратегии алгоритмов, применять эффективные алгоритмы обработки информации; владеть навыками разработки алгоритмов для решения практических задач, связанных с обработкой информации.
ОПК.3.1 Применяет знания основных математических методов и владеет навыками их адаптации для решения конкретной прикладной задачи	Итоговая контрольная работа Итоговое контрольное мероприятие	Знать способы оценки сложности алгоритмов, важнейшие классы сложности задач, примеры алгоритмически неразрешимых задач, основные алгоритмы обработки информации

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 1. Основы анализа сложности

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
Умение составлять программы на одном из языков программирования высокого уровня и определять приблизительно количество выполняемых алгоритмом операций	4
Знание основ теории вероятности	1
Умение строить булеву функцию в виде формулы по заданному вектору	1
Умение вычислять пределы функций	1
Умение записывать элементарные программы для машин Тьюринга	1
Знание основ теории алфавитного кодирования	1
Знание основных свойств алгоритма	1

Контрольная работа "Сложность алгоритмов и задач"

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **28**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Знает основные способы оценки сложности алгоритмов; умеет анализировать сложность	7

рекурсивных алгоритмов; владеть навыками построения оценки сложности рекурсивных алгоритмов.	
Знает основные способы оценки сложности алгоритмов; умеет анализировать сложность нерекурсивных алгоритмов, строить асимптотические оценки, сравнивать сложность алгоритмов; владеть навыками построения оценки сложности нерекурсивных алгоритмов.	7
Знает важнейшие классы сложности задач, понятие вычислимости; умеет определять принадлежность задачи тому или иному классу сложности, выявлять алгоритмически неразрешимые задачи.	7
Знает важнейшие классы сложности задач; умеет анализировать точность различных алгоритмов; обосновывать сложность сформулированной задачи.	5
Умеет анализировать сложность алгоритмов, способен предложить оптимизированный алгоритм решения задачи	2

Практическая работа "Алгоритмы обработки информации"

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Способен сделать выводы о проделанной работе, о результатах сравнения алгоритмов, о соответствии практических и теоретических результатов, выступить с презентацией о полученных результатах	11
Умеет описывать изученные алгоритмы с помощью формальных языков, оценивать их сложность	7
Умеет применять эффективные алгоритмы обработки информации, исследовать их работу, тестировать на входных данных различного объема, сравнивать различные алгоритмы по точности и времени работы	7
Владеет навыками разработки алгоритмов для решения практических задач, связанных с обработкой информации	5
Знает и умеет использовать стратегии сокращения полного перебора	5
Знает и умеет применять основные приближенные алгоритмы решения трудных задач	5

Итоговая контрольная работа

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **32**

Проходной балл: **14**

Показатели оценивания	Баллы
1 балл за каждый правильный ответ	1