

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт естественных наук и математики



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА, КИБЕРНЕТИКА

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Теоретическая информатика, кибернетика	Код ПА 1.2.3.
Группа специальностей Компьютерные науки и информатика	Код 1.2.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Волков Михаил Владимирович	д. ф.-м. н., профессор	Заведующий кафедрой	Кафедра алгебры и фундаментальной информатики Института естественных наук и математики
2	Косолобов Дмитрий Александрович	к. ф.-м. н.	Доцент	Кафедра алгебры и фундаментальной информатики Института естественных наук и математики

Рекомендовано:


Учебно-методическим советом института естественных наук и математики

Председатель учебно-методического совета ИЕНиМ
Протокол № 5 от 17.05.2022 г.

 Е.С. Буянова

Согласовано:

Начальник ОПНПК

 Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА, КИБЕРНЕТИКА

1.1. Аннотация содержания дисциплины

В дисциплине «Теоретическая информатика, кибернетика» изучаются теоретические подходы к анализу эффективности алгоритмов и моделей вычислителей. Рассматриваются базовые и продвинутое алгоритмы, нестандартные классы сложности алгоритмов, методы оценки времени выполнения и потребляемой памяти в рамках различных моделей. Особое внимание уделено способности разрабатывать теоретически эффективные решения и анализировать временную сложность алгоритмов, в соответствии с современным состоянием знаний в данной области. Дается обзор основных математических методов, используемых при анализе сложности вычислений. В рамках данной дисциплины дается общее представление понятия алгоритм. Рассматриваются основные принципы построения моделей вычислителей и новейшие тенденции в теоретической информатике.

Для усвоения дисциплины «Теоретические основы информатики» обучаемый должен обладать базовой математической подготовкой и компетенциями специалиста или магистра.

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Дисциплина «Теоретическая информатика, кибернетика» относится к базовой части программы аспирантуры, направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные модели вычислителей, использующиеся при анализе алгоритмов;
- основные классы сложности алгоритмов;
- базовые алгоритмы в модели памяти с произвольным доступом;
- теоретические подходы к анализу времени выполнения и потребляемой памяти;
- принципы разработки алгоритмов в памяти с произвольным доступом;
- новейшие тенденции в теоретической информатике.

Уметь:

- разрабатывать и применять эффективные алгоритмы для решения задач;
- анализировать существующие программные решения;
- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму моделей вычислителей и методов анализа эффективности;
- использовать современные подходы к анализу алгоритмов и структур данных;
- понимать границы применимости моделей вычислителей на практике;
- выбирать эффективные методы, подходящие для решения той или иной задачи

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками работы с научной литературой и базами данных с целью определения направления исследования и решения специализированных задач;
- методикой планирования, постановки и обработки результатов численного эксперимента;
- методикой разработки доказательно эффективных алгоритмических решений;
- применением моделей вычислителей для теоретического анализа эффективности программных и аппаратных решений;

- понятиями теории сложности;
- понятиями асимптотической оценки времени работы и потребляемой памяти;
- основной терминологией теории сложности;
- основной терминологией императивного программирования;
- основными алгоритмами на графах, методами сортировки, поиска и решения труднорешаемых с точки зрения теории сложности задач;
- методологией вероятностного анализа эффективности алгоритмов.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104		104
5.	Промежуточная аттестация	Экзамен	1	Экзамен, 18
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108	5	108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Понятие модели вычислений. Основные модели вычислителей, алгоритмы на них, отношение их друг к другу и особенности оценки потребляемых ресурсов. <i>Лекции 2 часа; самостоятельная работа аспиранта, 23 часа.</i>	Модель вычислителя. Вариации машин Тьюринга. Машина с памятью с произвольным доступом и её варианты. Вычислители с внешней памятью и кешем; алгоритмы на таких вычислителях, В-дерево. Параллельные и распределённые алгоритмы и соответствующие модели. Вариации параллельной RAM модели с различным совместным доступом к памяти. Цифровые схемы и схемная сложность. Асимптотическая оценка потребляемых алгоритмом ресурсов, таких как память, время, процессоры, оборудование, доступ к внешней памяти/кешу, и т.п. Эквивалентность по Тьюрингу моделей. Полиномиальная сводимость и несводимость моделей друг к другу.
2	Методы оценки времени работы алгоритмов в различных моделях.	Особенности оценки потребления памяти в различных моделях. Понятие времени работы и выполненной работы в параллельных и распределённых алгоритмах.

	<p>Вероятностные алгоритмы. <i>Лекции 1 час;</i> <i>самостоятельная работа</i> <i>аспиранта, 20 часов.</i></p>	<p>Теорема Брента. Вероятностные алгоритмы. Методы оценки ожидаемого времени выполнения на примерах. Понятие гарантий времени работы с высокой вероятностью и отличие этого понятия от ожидаемого времени работы; пример быстрой сортировки, хеш-таблиц и порядковой статистики. Время работы алгоритмов с кешем; В-дерево. Применение этих алгоритмов к внешней памяти. Понятие нижних границ времени выполнения алгоритма. Пример нижней границы на сортировку в модели RAM, на задачу транспонирования в машине Тьюринга (только формулировка), задачу подсчёта чётности в схемах и параллельных и распределённых алгоритмах (только формулировка). Понятие нижней границы на потребляемую память.</p>
<p>3</p>	<p>Классы сложности алгоритмов, их отношение друг к другу. Классы для параллельных алгоритмов. Вопросы классификации задач в P. Частичное решение некоторых трудных задач параметризованными алгоритмами и вероятностными методами. <i>Лекции 1 час;</i> <i>самостоятельная работа</i> <i>аспиранта, 27 часов.</i></p>	<p>Классические классы сложности P, NP, co-NP, PSPACE, EXPTIME и их отношения друг к другу, известные в настоящее время. Вариации определения класса NP и их эквивалентность. Теорема Кука-Левина. Некоторые примеры NP-полных задач. Полиномиальная иерархия. Классы сложности параллельных алгоритмов AC, NC, LSPACE, NL и их отношения друг к другу. Примеры. Понятие P-полных задач и примеры. Вероятностные алгоритмы и класс BPP. Известные отношения BPP к P и некоторым другим классам. Более тонкий анализ класса P в рамках модели с произвольным доступом: экспоненциальная гипотеза (EH) и сильная экспоненциальная гипотеза (SEH) и доказательство, в рамках принятия этих гипотез, условных полиномиальных нижних границ на время решения некоторых задач путём сводимости к ним 3SAT, 3SUM и других задач. Вероятностные методы решения трудных задач на примерах. Параметризованные алгоритмы решения трудных задач. Классы $W[n]$ и сводимость к ним для доказательства предполагаемой трудности параметризованного решения.</p>
<p>4</p>	<p>Методы разработки и анализа алгоритмов в машине с произвольным доступом. Жадная стратегия, разделяй и властвуй, динамическое программирование. Алгоритмы на графах. Структуры данных. Вероятностные алгоритмы. <i>Лекции 1 час;</i> <i>самостоятельная работа</i> <i>аспиранта, 16 часов.</i></p>	<p>Жадная стратегия построения алгоритмов и примеры её применения. Метод динамического программирования и примеры его приложений. Псевдополиномиальные задачи – другой взгляд на параметризованные алгоритмы. Метод разделяй-и-властвуй для построения алгоритмов и некоторые его нетривиальные приложения. Базовые алгоритмы на графах: варианты представления графа, обходы, поиски кратчайших путей во взвешенном графе алгоритмами Дейкстры, A*, Форда-Беллмана, Флойда. Потoki в графах и задачи на них. Паросочетания в контексте задачи о потоках. Понятие структуры данных. Амортизационный анализ времени работы структуры данных; метод бухгалтерского учёта. Динамические массивы и сбалансированные деревья. Словари и способы их реализации сбалансированными</p>

		деревьями и хеш таблицами. Особенности хеш таблиц и подбора хешей с гарантиями выполнения. Идеальное хеширование. Хеширование с гарантиями с высокой вероятностью. Системы непересекающихся множеств.
--	--	---

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

не предусмотрено

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

не предусмотрено

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

не предусмотрено

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских

	выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

не предусмотрено

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Модель вычислителя. Вариации машин Тьюринга. Машина с памятью с произвольным доступом и её варианты.
2. Вычислители с внешней памятью и кешем; алгоритмы на таких вычислителях, В-дерево.
3. Параллельные и распределённые алгоритмы и соответствующие модели. Вариации параллельной RAM модели с различным совместным доступом к памяти.
4. Цифровые схемы и схемная сложность.
5. Асимптотическая оценка потребляемых алгоритмом ресурсов, таких как память, время, процессоры, оборудование, доступ к внешней памяти/кешу, и т.п.
6. Эквивалентность по Тьюрингу моделей. Полиномиальная сводимость и несводимость моделей друг к другу.
7. Понятие времени работы и выполненной работы в параллельных и распределённых алгоритмах. Теорема Брента.
8. Вероятностные алгоритмы. Методы оценки ожидаемого времени выполнения.
9. Время работы алгоритмов с кешем; В-дерево. Применение этих алгоритмов к внешней памяти. Понятие нижних границ времени выполнения алгоритма. Понятие нижней границы на потребляемую память
10. Классические классы сложности P, NP, co-NP, PSPACE, EXPTIME и их отношения друг к другу, известные в настоящее время. Вариации определения класса NP и их эквивалентность.
11. Теорема Кука Левина. Примеры NP-полных задач.
12. Полиномиальная иерархия.
13. Классы сложности параллельных алгоритмов AC, NC, LSPACE, NL и их отношения друг к другу.
14. Вероятностные алгоритмы и класс BPP. Отношения BPP к P и некоторым другим классам.
15. Анализ класса P в рамках модели с произвольным доступом: экспоненциальная гипотеза и сильная экспоненциальная гипотеза и доказательство условных полиномиальных нижних границ

на время решения некоторых задач путём сводимости к ним 3SAT, 3SUM и других задач.

16. Вероятностные методы решения трудных задач.
17. Параметризованные алгоритмы решения трудных задач. Классы $W[n]$ и сводимость к ним.
18. Жадная стратегия построения алгоритмов и примеры её применения.
19. Метод динамического программирования и примеры его приложений.
20. Псевдополиномиальные задачи.
21. Метод разделяй-и-властвуй для построения алгоритмов.
22. Основные алгоритмы на графах: варианты представления графа, обходы, поиски кратчайших путей во взвешенном графе алгоритмами Дейкстры, A^* , Форда-Беллмана, Флойда.
23. Потоки в графах и задачи на них. Паросочетания в контексте задачи о потоках.
24. Понятие структуры данных. Амортизационный анализ времени работы структуры данных; метод бухгалтерского учёта.
25. Динамические массивы и сбалансированные деревья.
26. Словари и способы их реализации сбалансированными деревьями и хеш таблицами.
27. Особенности хеш таблиц и подбора хешей с гарантиями выполнения. Идеальное хеширование. Хеширование с гарантиями с высокой вероятностью. Системы непересекающихся множеств

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1.Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Р. Грэхем, Д. Кнут, О. Паташник. Конкретная математика. Основания информатики. СПб.: Вильямс, 2016.
 2. С. Дасгупта, Х. Пападимитриу, У. Вазирани. Алгоритмы. М.: МЦНМО, 2014.
 3. Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн. Алгоритмы. Построение и анализ. СПб.: Вильямс, 2014.
-

5.1.2. Дополнительная литература

1. М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. Дискретная математика. Графы, матроиды, алгоритмы : учеб. пособие [для вузов]. СПб : Лань, 2010.
2. Н.К Верещагин., А. Шень. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. М.: МЦНМО, 2000.
3. J. Kleinberg, E. Tardos. Algorithm design. NY: Pearson, 2006.
4. R. Motwani, P. Raghavan. Randomized Algorithms. NY: Cambridge University Press, 1995.
5. V. V. Vazirani, Approximation Algorithms. Berlin: Springer, 2003.
6. U. Wieder. Hashing, Load Balancing, and Multiple Choice. Boston: Now Publishers, 2017.
7. D. P. Williamson, D. B. Shmoys, The Design of Approximation Algorithms. NY: Cambridge University Press, 2011.

5.2. Методические разработки

Не используются

5.3.Программное обеспечение

1. Офисный пакет LibreOffice;
2. ABBYY FineReader;

3. Пакет программ для научных исследований MATCAD;
4. Пакет программ для научных исследований MATLAB и Simulink;
5. Пакет программ для научных исследований WOLFRAM Mathematica;
6. Программа для управления библиографической информацией Mendeley;
7. Программа GIMP для редактирования растровых изображений;
8. JupyterLab - среда интерактивных вычислений и визуализации на языках программирования общего назначения (Python) и специализированных (R, Julia).

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Академия Гугл <https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru>
2. Научно-информационный портал ResearchGate <https://www.researchgate.net>
3. Поисковая интернет-платформа публикаций Semantic Scholar <https://www.semanticscholar.org>
4. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
5. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;
6. Российская электронная научная библиотека. <http://www.elibrary.ru>

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Каталоги библиотеки УрФУ <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
2. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
3. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
4. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
5. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.