

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
прикладной математики и
информатики**

А.М. Райгородский

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Сложность комбинаторных алгоритмов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра системного программирования
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 45 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: С.А. Фомин

Программа обсуждена на заседании кафедры системного программирования 15.05.2020

Аннотация

Вводный курс в теорию сложности. Рассматриваются различные сложностные классы – P, NP, RP, ZPP, BPP, PP и др. – а также соотношения между ними. Большое внимание уделяется различным видам сводимости между алгоритмическими задачами.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Освоение студентами фундаментальных знаний в теории сложности вычислений, изучение теоретико-сложностных аспектов разработки эффективных алгоритмов и областей их практического применения.

Задачи дисциплины

- формирование фундаментальных знаний в теории сложности и их роли в разработке современных информационных систем;
- обучение студентов современным принципам анализа алгоритмической сложности задач, выявление особенностей практических задач и их использование для нахождения эффективного алгоритмического решения;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области анализа алгоритмической сложности задач в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ место и роль общих вопросов теории сложности в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы теории сложности вычислений;
- ☐ теоретические модели процессов в области производства, транспорта, телекоммуникаций;
- ☐ постановку проблем компьютерного моделирования;
- ☐ основные методы анализа алгоритмической сложности задач из различных областей.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты алгоритмической науки;
- ☐ представить панораму универсальных методов современной теоретической информатики;
- ☐ работать на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных деталей при моделировании реальных процессов;
- ☐ использовать особенности практических задач для эффективного анализа их алгоритмической сложности.

владеть:

- ☐ основными методами анализа алгоритмической сложности дискретных задач;
- ☐ навыками самостоятельной работы по анализу конкретных задач и их алгоритмическому решению на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ математическими моделями практических задач.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основные вычислительные модели и соотношение между ними	3	9		6
2	Элементы теории сложности	3	9		6
3	Анализ сложности в среднем для дискретных задач	3	9		6
4	Анализ сложности приближенного решения для дискретных задач	3	9		6
5	Соотношение между детерминированными и вероятностными вычислениями	3	9		6
Итого часов		15	45		30
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Основные вычислительные модели и соотношение между ними

История и основные тенденции развития теории сложности. Машина Тьюринга. Машина с произвольным доступом к памяти (RAM). Меры временной сложности и сложности по памяти. Семейства булевых схем. Результаты о взаимном моделировании. Модели параллельных вычислений: EREW PRAM, CREW PRAM, CRCW PRAM.

2. Элементы теории сложности

Различные модели вычислений и сложностные классы по времени и памяти.

Теоремы о иерархии. Недетерминированные вычисления и класс NP. Теория сводимостей. Лас-Вегас и Монте-Карло вероятностные алгоритмы. Вероятностные сложностные классы RP, BPP, ZPP, PP.

Соотношения между сложностными классами. Оракулы и их роль в теории сложности.

3. Анализ сложности в среднем для дискретных задач

Понятие полиномиального в среднем алгоритма. Полиномиальный в среднем алгоритм проверки выполнимости кнф. Вычислительно трудные в среднем задачи.

4. Анализ сложности приближенного решения для дискретных задач

РСП теорема и ее применение для оценок порогов неаппроксимируемости дискретных задач. Плохо приближаемые задачи. Несуществование PTAS для задачи MAX-SAT (максимальной выполнимости кнф). Сводимости сохраняющие приближения. Примеры APX-трудных задач.

5. Соотношение между детерминированными и вероятностными вычислениями

Соотношения между сложностными классами P, RP, BPP, PP. Примеры более эффективных (по сравнению с детерминированными) вероятностных алгоритмов. Методы дерандомизации.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)

Обеспечение самостоятельной работы — электронные версии лекций, записи в Интернете.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Эффективные алгоритмы и сложность вычислений [Текст] : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Кузюрин, С. А. Фомин ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : Изд-во МФТИ, 2007 .— 312 с.

Дополнительная литература

1. Кузюрин Н.Н. Вероятностные приближенные алгоритмы в дискретной оптимизации. Дискретный анализ и исследование операций. Серия 2. 2002. Т.9. N 2. С. 97–114.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://scitation.aip.org/>

<http://www.sciencemag.org/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Программное обеспечение и информационные технологии не требуются.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, алгоритмы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Радиотехника и компьютерные технологии
Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий
кафедра системного программирования
курс: 3
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: С.А. Фомин

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Сложность комбинаторных алгоритмов» обучающийся должен:

знать:

- ☐ место и роль общих вопросов теории сложности в научных исследованиях;
- ☐ современные проблемы теории сложности вычислений;
- ☐ теоретические модели процессов в области производства, транспорта, телекоммуникаций;
- ☐ постановку проблем компьютерного моделирования;
- ☐ основные методы анализа алгоритмической сложности задач из различных областей.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты алгоритмической науки;
- ☐ представить панораму универсальных методов современной теоретической информатики;
- ☐ работать на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных деталей при моделировании реальных процессов;
- ☐ использовать особенности практических задач для эффективного анализа их алгоритмической сложности.

владеть:

- ☐ основными методами анализа алгоритмической сложности дискретных задач;
- ☐ навыками самостоятельной работы по анализу конкретных задач и их алгоритмическому решению на современном компьютерном оборудовании;
- ☐ математическими моделями практических задач.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Модель RAM – машины с произвольным доступом к памяти.
2. Меры временной сложности — с единичной стоимостью каждой операции и логарифмической.
3. Моделирование RAM на машине Тьюринга.
4. Основные сложностные классы по времени и соотношения между ними.
5. Основные сложностные классы по памяти и соотношения между ними.
6. Недерминированные вычисления и класс NP.
7. Полиномиальные сводимости и NP-полные задачи.

8. Лас-Вегас и Монте-Карло вероятностные алгоритмы. Вероятностные сложностные классы RP, BPP, ZPP, PP.
9. PCP теорема и ее применение для оценок порогов неаппроксимируемости.
10. Несуществование PTAS для задачи MAX-SAT (максимальной выполнимости кнф).
11. Полиномиальный в среднем алгоритм проверки выполнимости кнф.
12. Модели параллельных вычислений: EREW PRAM, CREW PRAM, CRCW PRAM.
13. Методы дерандомизации вероятностных алгоритмов.
14. Сводимости сохраняющие приближения. Примеры APX-трудных задач.
15. Теория сводимостей. Лас-Вегас и Монте-Карло вероятностные алгоритмы.
16. Соотношения между сложностными классами.
17. Семейства булевых схем. Результаты о взаимном моделировании схем и машин Тью-ринга.
18. Вычислительно трудные в среднем задачи.
19. Оракулы и их роль в теории сложности

Примерный перечень билетов:

Билет №1.

1. Полиномиальный в среднем алгоритм проверки выполнимости кнф.
2. Методы дерандомизации вероятностных алгоритмов.

Билет №2.

1. Модели параллельных вычислений: EREW PRAM, CREW PRAM, CRCW PRAM.
2. Сводимости сохраняющие приближения. Примеры APX-трудных задач.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.