

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»
МФТИ (ГУ)
Кафедра «Системное программирование»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

О.А.Горшков

_____ 2012 г.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине: Сложность комбинаторных алгоритмов

по направлению: 010900 «Прикладные математика и физика»

профили подготовки: компьютерные технологии и интеллектуальный анализ данных

магистерская программа:

факультет: ФУПМ

кафедра Системного программирования

курс: 3

семестры: весенний Диф. зачёт: нет

экзамен: 6 семестр

Трудоёмкость в зач. ед.: вариативная – 3 зач. ед, в том числе по выбору студента 3 зач.ед.

в т.ч.:

лекции: вариативная часть – 32 час.

практические (семинарские) занятия: нет

лабораторные занятия: нет

самостоятельная работа: вариативная часть – 20 час.

подготовка к экзамену: вариативная часть – 30 час., 1 зач.ед.

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ 34

Программу составили: д.ф.- м.н., профессор Кузюрин Н.Н., ассистент Фомин С.А.

Программа обсуждена на заседании кафедры системного программирования

«___» _____ 2012 г.

**Заведующий кафедрой
академик РАН**

В. П. Иванников

Программа обсуждена и одобрена на методической комиссии факультета

"___" _____ 2012 г.

**Председатель методической комиссии ФУПМ
чл.-корр. РАН**

Ю.А.Флеров

ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.

Вариативная часть, в т.ч. :	__3__ зач. ед.
Лекции	__32__ часов
Практические занятия	__нет__ часов
Лабораторные работы	__нет__ часов
Индивидуальные занятия с преподавателем	__нет__ часов
Самостоятельные занятия	50 часов
ВСЕГО	32 час 3,0 зач. ед.
Итоговая аттестация	Экзамен 6 семестр

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

Задачами данного курса являются:

- 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. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина «Сложность комбинаторных алгоритмов» _ включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативным части цикла М.2 (М.2.В.1).

Дисциплина «Сложность комбинаторных алгоритмов» базируется на материалах курсов бакалавриата: базовая и вариативная часть кода УЦ ООП Б.2 (математический и естественнонаучный цикл) по дисциплинам блоков «Математика» и «Информатика», блока факультетского цикла и региональной составляющей этого блока (основы высшей алгебры и теории кодирования, алгебра логики, комбинаторика, теория графов, теория формальных систем и алгоритмов) профессионального цикла кода УЦ ООП Б.3 (теория и реализация языков программирования, алгоритмы и модели вычислений, базы данных) и относится к профессиональному циклу.

КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Эффективные алгоритмы» направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций магистра:

а) общекультурные (ОК):

- способность использовать на практике фундаментальные знания для понимания сущностных явлений окружающего мира (ОК-1);
- способность активно и целенаправленно применять полученные знания, навыки и умения для выбора тематики выполнения индивидуальной научно-исследовательской работы (ОК-2);
- готовность работать с информацией в области методов разработки и анализа из различных источников: отечественной и зарубежной научной периодической литературы, монографий и учебников, электронных ресурсов Интернет (ОК-3);
- способность работать в коллективе и применять навыки эффективной организации труда и командной работы (ОК-4).

б) профессиональные (ПК):

- готовность использовать основные методы разработки и анализа эффективных алгоритмов в последующей профессиональной деятельности в качестве научных сотрудников, преподавателей вузов, инженеров, технологов (ПК-1);
- готовность к анализу алгоритмической сложности практических задач дискретной оптимизации из различных областей (ПК-2);
- готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в областях: оптимизации процессов управления, теоретических основ построения алгоритмов, привлекать для решения освоенный математический аппарат (ПК-3);
- готовность к творческому подходу в реализации научно-технических задач, основанному на систематическом обновлении полученных знаний, навыков и умений и использовании последних достижений в области построения и анализа эффективных алгоритмов в различных областях человеческой деятельности (ПК-4);
- способность к созданию математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ПК-5);
- способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских работ и проводить научные исследования, готовность к участию в инновационной деятельности (ПК-6).

3. КОНКРЕТНЫЕ ЗНАНИЯ, УМЕНИЯ И НАВЫКИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины Эффективные алгоритмы, обучающийся должен:

1. 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.

2. 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. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура преподавания дисциплины

Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам

№ темы и название	Количество часов
1. Основные вычислительные модели и соотношение между ними	8
2. Элементы теории сложности	8
3. Анализ сложности в среднем для задач	6
4. Анализ сложности приближенного решения для дискретных задач	6
5. Соотношение между детерминированными и вероятностными вычислениями	4
ВСЕГО(зач. ед.(часов))	32 час. (3 зач.ед.)

ВИД ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИИ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Основные вычислительные модели и соотношение между ними	8
2	Элементы теории сложности	8
3	Анализ сложности в среднем для дискретных задач	6
4	Анализ сложности приближенного решения для дискретных задач	6
5	Соотношение между детерминированными и вероятностными вычислениями	4
ВСЕГО (зач. ед.(часов))		32

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1.	- изучение теоретического курса - выполняется самостоятельно каждым студентом по итогам каждой из лекций, результаты контролируются преподавателем на лекционных занятиях, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые дан-	20

	ной программой;	
2.	- решение задач по заданию (индивидуальному где требуется) преподавателя– решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также сборники задач, включая электронные.	20
3.	Подготовка к экзамену с оценкой	10
ВСЕГО (зач. ед.(часов))		50 часов (1 зач.ед.)

Содержание дисциплины

Развёрнутые темы и вопросы по разделам

№ п/п	Название модулей	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
				Аудиторная работа (зачетные единицы/часы)	Самостоятельная работа (зачетные единицы/часы)
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.	8	10
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.	8	8
3		Анализ сложности в среднем для дискретных задач	Понятие полиномиального в среднем алгоритма. Полиномиальный в среднем алгоритм проверки выполнимости кнф.	6	6

			Вычислительно трудные в среднем задачи.		
4		Анализ сложности приближенного решения для дискретных задач	PCP 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.	6	6
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.	4	6

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии:

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	Лекция	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	Лекция	Изложение теоретического материала с помощью презентаций	Повышение степени понимания материала
3	Лекция	Разбор конкретных примеров построения эффективных алгоритмов для решения практических задач дискретной оптимизации	Осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин
4	Самостоятельная работа студента	Решение задач	Повышение степени понимания материала

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Контрольно-измерительные материалы

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 6-м семестре;

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. Недетерминированные 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 Тьюринга.
18. Вычислительно трудные в среднем задачи.
19. Оракулы и их роль в теории сложности

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Необходимое программное обеспечение

Обеспечение самостоятельной работы — электронные версии лекций, записи в Интернете

Все ниже перечисленные материалы доступны студентам для любого персонального компьютера, ноутбука, планшета, и даже современного смартфона.

Используются:

- Для коллаборации со студентами создан портал «Курс лекций «Сложность алгоритмов»» <http://discopal.ispras.ru/Computation-complexity-course>
- Для проведения и публикации лекций используются как свободно доступные сервисы (Join.me, Skype, yatv.ru), так и бесплатное программное обеспечение (включая разработанное авторами курса, см. [Mediawiki4Intranet](#), [SeminarAssembler](#), [ConferenceRecorder](#) и др.).
- Часть лекций проходит в дистанционном формате, с трансляцией звука и экрана от преподавателя (слайды, рисование поверх и т.п.), с интерактивным взаимодействием со студентами (примеры лекций см. на канале <https://vimeo.com/channels/251742>).
- Электронная гипертекстовая книга «Эффективные алгоритмы и сложность вычислений», сверстанная для оптимальности чтения с электронных устройств, таких как ноутбуки, планшеты, и даже смартфоны <http://discopal.ispras.ru/File:Book-advanced-algorithms.pdf>. Книга содержит множество цветных иллюстраций, шрифты оптимальные для чтения с экранов, верстка альбомная, есть индексы, гиперссылки, возможность полнотекстового поиска. Пособие есть в библиотеке МФТИ и в бумажном виде.
- Серия видеолекций, см. канал <https://vimeo.com/channels/251742>. Лекции доступны для просмотра online на любых устройствах, начиная от смартфона и планшета, так и для скачивания и оффлайн-просмотра.
- Набор электронных конспектов/слайдов, см. например, ссылки в разделе «Темы» в <http://discopal.ispras.ru/Computation-complexity-course> или <http://discopal.ispras.ru/Slides>. Они дополняют книгу и лекции, выделяя ключевые моменты, и используются для повторения пройденных тем.
- Интерактивная платформа для коллаборации Mediawiki4IntraNet и свободный пул упражнений для решения <http://discopal.ispras.ru/Tasks>.
- Ведется учет решенных задач, принимаются также замечания и дополнения студентов. В результате, составляется открытая «матрица активности» для каждого студента «студент×тема→метрика», что мотивирует студента закрывать «белые пятна» в своих знаниях.
- При подготовке к экзамену студенты могут использовать «тестовый тренажер» (См. <http://discopal.ispras.ru/Computation-complexity-course>, раздел «Тренировка»).

8. НАИМЕНОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ учебным планом не предусмотрено

- 9. ТЕМАТИКА И ФОРМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ** учебным планом не предусмотрено
- 10. ТЕМАТИКА ИТОГОВЫХ РАБОТ** учебным планом не предусмотрено
- 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основная литература.

1. Эффективные алгоритмы и сложность вычислений/ Кузюрин Н.Н., Фомин С.А., Издательство МФТИ, 2007. - 313 с. ISBN 5-7417-0198-1.
2. Классические и квантовые вычисления/ Китаев А., Шень А., Вялый М. Издательство МЦНМО. 1999, ISBN OT8-5-8114-0827-B.

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.

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и т.д.

Информационные ресурсы: Журналы по теории алгоритмов и теории сложности (Дискретная математика, ЖВМиМФ, Дискретный анализ и исследование операций, J. of Algorithms, J. of the ACM и др.), доступные через Internet научные журналы: <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org/> электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса.

Программу составил

Кузюрин Н.Н. д.ф.–м.н.

« _____ » _____ 2012 г.