

**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:	Оптимизация вычислений на современных процессорных архитектурах
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра когнитивных технологий
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: В.В. Арлазаров, канд. техн. наук, заведующий кафедрой

Программа обсуждена на заседании кафедры когнитивных технологий 02.04.2024

Аннотация

В процессе изучения курса студентами будут изучены основные принципы оптимизации вычислительных систем, микроархитектуру процессора, иерархию памяти, способы увеличения производительности устройств, параметры, влияющие на производительность современных вычислительных систем, базовые принципы аппаратной организации современных многоядерных вычислительных комплексов.

Научатся разбираться в различных архитектурах ЭВМ, сравнивать их по системе команд, оценивать сложность аппаратной реализации; на основании знания внутренней структуры компьютера, устройства его кэш-памяти, знания реализации шин, уметь оптимизировать свои программы; спроектировать новую ЭВМ, хотя бы на бумаге, смоделировать работу отдельных устройств ВС

Иметь навыки: Анализа архитектурных особенностей различных ВС, Проведения исследований моделей отдельных блоков ВС, ускорения программного обеспечения за счет знания внутренней организации процессора, кэш-памяти и многоядерной/многопроцессорной архитектуры ВС.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- Изучение базовых методов оптимизации программного обеспечения (ПО) и их места в жизненном цикле ПО для повышения квалификации разработчика алгоритмического и/или программного обеспечения, особенно в области обработки и распознавания сигналов и изображений.

Задачи дисциплины

- Подготовка к изучению новых научных результатов для овладения навыками применения методов оптимизации при разработке ПО.
- Подготовка к участию в научных семинарах, научно-технических конференциях и симпозиумах.
- Подготовка к оказанию консалтинговых услуг по данной тематике.
- Подготовка к участию в международных проектах по тематике дисциплины.
- Подготовка к участию в разработке корпоративной политики и мероприятиях в области повышения социальной ответственности бизнеса перед обществом, включая разработку и реализацию решений, направленных на поддержку социально-значимых проектов.
- Совершенствование и расширение общенаучной базы.
- Повышение уровня общекультурного и нравственного совершенствования своей личности.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области информатики и вычислительной техники	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области информатики и вычислительной техники и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области информатики и вычислительной техники, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности

математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Фундаментальные концепции и профессиональные результаты, системные методологии в профессиональной области; современное состояние и принципиальные возможности языков и систем программирования.

уметь:

- Использовать новые знания и применять их в профессиональной деятельности; использовать современные теории, методы, системы и средства прикладной математики и информационных технологий для решения научно-исследовательских и прикладных задач.

владеть:

- Основами методологии научного познания и системного подхода при изучении различных уровней организации материи, информации, пространства и времени.

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	Обзор методов оптимизации быстродействия ПО		8		15
2	Оптимизации быстродействия с использование особенностей CPU		8		10
3	Оптимизирующие компиляторы		8		10
4	Оптимизации быстродействия для систем инструкций SSE, AVX		8		10
5	Оптимизации быстродействия для старых CPU		7		10
6	Оптимизация для процессоров ARM		7		10
7	Оптимизация для процессоров Эльбрус		7		5
8	Оптимизация обработки изображений		7		5
Итого часов			60		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

1. Обзор методов оптимизации быстродействия ПО

Обзор методов оптимизации быстродействия ПО. Алгоритмическая оптимизации быстродействия ПО, понятие сложности.

2. Оптимизации быстродействия с использование особенностей CPU

Оптимизации быстродействия с использование особенностей CPU, обзор методов для различных систем инструкций, примеры оптимизации для современных CPU. Оптимизации быстродействия с использование распараллеливания ПО, обзор методов (MPI, собственный монитор расчетов), примеры оптимизации для процессов и потоков, краткие сведения о распараллеливании с помощью GPU, throttling.

3. Оптимизирующие компиляторы

Оптимизирующие компиляторы. Виды оптимизаций компилятора и их влияние на результат работы программы. Примеры эффективного кода. Средства профилирования ПО, Intel VTune, Microsoft Visual Studio, собственное профилирование.

4. Оптимизации быстродействия для систем инструкций SSE, AVX

Оптимизации быстродействия для систем инструкций SSE, AVX. Использование ассемблера и псевдофункций. Опции компиляции, комбинирование методов оптимизации быстродействия.

5. Оптимизации быстродействия для старых CPU

Оптимизации быстродействия для старых CPU, оптимизация расхода ОП, оптимизация дисковых операций.

6. Оптимизация для процессоров ARM

Оптимизация для процессоров ARM. Области применения процессоров ARM. SIMD-расширение ARM NEON. Вычисление нелинейных функций с помощью интринсиков ARM NEON

7. Оптимизация для процессоров Эльбрус

Оптимизация для процессоров Эльбрус, VLIW-архитектура, особенности процессора Эльбрус. Оптимизирующий компилятор lcc. Библиотека EML.

8. Оптимизация обработки изображений

Оптимизация обработки изображений, быстрое целочисленное деление, деление на константу. Проблемы вычислений в вещественных числах и использование целочисленных вычислений в задачах обработки изображений. Основные операции (транспонирование, бинаризация, морфологические операции, билатеральный фильтр), использование библиотек. Оптимизация ПО распознавания.

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

Аудитория, оснащенная компьютерами, мультимедийным проектором, экраном.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Левитин, А.

Алгоритмические головоломки [Электронный ресурс] = Algorithmic puzzles / А. Левитин, М. Левитина ; пер. с англ. Ж. А. Меркуловой, Н. А. Меркулова .— электрон. изд. — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 328 с.) .— Москва : Лаборатория знаний, 2019

3. А. Ким, В. Перекатов, С. Ермаков. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». СПб.: Питер, 2013. — 272 с.

.

Дополнительная литература

Программирование и алгоритмические языки [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Н. А.

Криницкий, Г. А. Миронов, Г. Д. Фролов ; под ред. А. А. Дородницына .— М. : Наука, 1975 .— 496 с.

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

2. Разве Tesseract распознаёт медленно? // Эл. Ресурс.

<https://habrahabr.ru/company/smartengines/blog/300990/>

1. Технология тестирования UniTesK: <http://www.unitesk.com/>

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

Доступ в Интернет, пакет программ Microsoft Office.

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

1. Рекомендуется тщательно готовиться к семинарским занятиям, что упрощает итоговую аттестацию.

2. Для подготовки к итоговой аттестации по предмету лучше всего пользоваться указанной и дополнительной литературой.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки: Прикладная математика и информатика
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики
кафедра когнитивных технологий
курс: 2
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.В. Арлазаров, канд. техн. наук, заведующий кафедрой

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области информатики и вычислительной техники	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области информатики и вычислительной техники и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области информатики и вычислительной техники, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Оптимизация вычислений на современных процессорных архитектурах» обучающийся должен:

знать:

- Фундаментальные концепции и профессиональные результаты, системные методологии в профессиональной области; современное состояние и принципиальные возможности языков и систем программирования.

уметь:

- Использовать новые знания и применять их в профессиональной деятельности; использовать современные теории, методы, системы и средства прикладной математики и информационных технологий для решения научно-исследовательских и прикладных задач.

владеть:

- Основами методологии научного познания и системного подхода при изучении различных уровней организации материи, информации, пространства и времени.

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

1. Элементы оптимизации прикладных программ
2. Оптимизация приложений
4. Принципы переноса прикладных программных пакетов
5. Подходы к оптимизации программного пакета
6. VLIW-архитектура, особенности процессора Эльбрус.
7. Оптимизация вычислительно трудоемкого программного модуля.
8. Основные операции (транспонирование, бинаризация, морфологические операции).
9. Какие методы и техники оптимизации можно применить при работе с памятью для улучшения производительности программы?
10. Какие алгоритмы и структуры данных эффективны при работе с многопоточными вычислениями на современных процессорах?

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

1. Методы алгоритмической оптимизации быстродействия ПО, понятие сложности.
2. Оптимизации быстродействия с использованием особенностей CPU.
3. Средства профилирования ПО.
4. Оптимизации быстродействия для систем инструкций SSE, AVX.
5. Оптимизации быстродействия для старых CPU, оптимизация расхода ОП, оптимизация дисковых операций.
6. Оптимизация для процессоров ARM.
7. Оптимизация для процессоров Эльбрус.
8. Оптимизация обработки изображений.
9. Какие особенности имеют SIMD (Single Instruction, Multiple Data) и векторные инструкции? Как их использовать для увеличения производительности?
10. В чем заключается концепция предварительного вычисления (prefetching) данных и как она помогает оптимизировать вычисления?

Критерии оценивания

- оценка «отлично (10)» 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 (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, и правильное обоснование принятых решений

- оценка «хорошо (7)» 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 (6)» выставляется студенту, если он 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)» выставляется студенту, если он знает материал, и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет фрагментарно основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач
- оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает формулировок основных понятий дисциплины

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

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий и других видов работ, предусмотренных программой дисциплины и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.