

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Комбинаторные алгоритмы оптимизации
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра когнитивных технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (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: И.А. Фараджев

Программа обсуждена на заседании кафедры когнитивных технологий 02.04.2024

## Аннотация

Определения сети, потока, дивергенции в вершине, мощности потока, элементарных потоков, допустимых потоков, сетей с ограничениями. Теорема о разложении потока на сумму элементарных, теорема о существовании максимального потока в сети с ограничениями, симметризованный поток, определение остаточной сети, теорема о связи между максимальным потоком в остаточной сети и максимальным потоком в исходной сети. Потоки и разрезы, теорема Форда-Фалкерсона о максимальном потоке и минимальном разрезе, критерий максимальности потока. Алгоритм Форда-Фалкерсона для нахождения максимального потока в сети, доказательство его корректности, сходимость в целочисленных и нецелочисленных сетях. Алгоритм Эдмондса-Карпа, доказательство его корректности и оценка трудоемкости. Алгоритм Диница, комбинаторные сети, дуговая и вершинная характеристики сетей, теорема о постоянстве характеристики, оценка трудоемкости алгоритма Диница через характеристику сетей. Задачи поиска реберного и вершинного разделяющего множества минимальной мощности для пары вершин графа.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- Подготовка к изучению новых научных результатов, необходимых для решения обратных задач зрения, изучению алгоритмов объектной интерпретации изображений, применимых в интеллектуальных технических системах;
- анализа взаимосвязи принципов работы технического и биологического зрения;
- освоения математического аппарата анализа и интерпретации изображений;
- изучения моделей формирования изображений, алгоритмов реконструкции и методов представления объектов сцен;
- изучения основных алгоритмов цветового и пространственного анализа объектов на изображении.

### Задачи дисциплины

- Подготовка к изучению новых научных результатов для овладения навыками применения формальных методов при разработке ПО и изучения технологии VDM;
- 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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-3.2 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем

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-3.6 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
	ОПК-3.7 Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области математики, естественных наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.4 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
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

### 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	Введение. Общие постановки и эволюция дисциплины.		20		20
2	Механизмы формирования изображений.		15		20
3	Методы исследования свойств материалов на наноуровне.		15		20
4	Геометрические и цветовые инварианты объектов на изображении.		10		15
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: 1 (Осенний)

###### **1. Введение. Общие постановки и эволюция дисциплины.**

История технического зрения. Психология, психофизиология, психофизика, кибернетика, искусственный интеллект, зрительный интеллект.

Эволюция моделей. Полиэдральная модель, ригидная модель, реалистическая модель объектов. Ахроматический мир, плоский цветной мир, цветной мир при белом свете, реалистическая цветовая модель.

Математический аппарат: линейная алгебра, аналитическая геометрия, дифференциальные и интегральные уравнения, проективная геометрия.

Параллельные вычисления. Однородные алгоритмы. Наивный изоморфизм.

###### **2. Механизмы формирования изображений.**

Принципы проецирования. Лучевая оптика. Орто- и стереографическая проекции. Аффинное, перспективное и проективное преобразования. Утеря глубины. Оклюзия. Разрывная модель изображения трёхмерных сцен. Оптические aberrации. Пространственное квантование. Квантование по времени. Смаз. Поликулярная регистрация. Нарушение соответствия.

### 3. Методы исследования свойств материалов на наноуровне.

Основы цветового зрения. Колориметрия. Законы Грассмана. Спектральное и цветовые пространства. Источники света, окраски и сенсоры. Близкие, далёкие и диффузные источники. Спектральная индикатрисса рассеяния. Ламбертова модель. Зеркальная модель. Унихроматическая и дихроматическая модели. Цветовой конус, цветовое тело. Цветовая метрика трихромата. Светлота, яркость и цветность. Адаптация. Цветовой контраст.

### 4. Геометрические и цветовые инварианты объектов на изображении.

Аффинное преобразование. Аффинные инварианты. Аффинный базис. Аффинные 2D и 3D системы координат. Сферическая и барицентрическая системы.

Перспектива. Проективное преобразование. Проективные инварианты. Двойное или ангармоническое отношение. Проективный базис. Проективные системы координат на плоскости и в 3D пространстве. Однородная и неоднородная системы.

Инвариантные точки контуров: изломы, перегибы, точки двойного касания.

Инвариантное описание. Приведение к эталону. Проективные свойства симметрий. Скользящий базис.

Ранговая классификация цветовых распределений. Ранг и код как инварианты объекта. Редукция цветового пространства: плоскость цветности и окружность цветового тона. Параметризация цветовых характеристик. Возможности тетрахроматических систем.

Окраска – инвариантное описание отражательных свойств объекта в цветовом пространстве фиксированной размерности. Метамеризм окрасок.

Инвариантные свойства ключевых объектов. Белый объект. Ахроматический объект. Нейтральный блик. Ключи спектрально-цветовой модели. Ключи гауссовской спектральной модели. Детектирование ключевых объектов.

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

Компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Компьютерное зрение [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Шапиро, Дж. Стокман ; пер. с англ. А. А. Богуславского ; под ред. С. М. Соколова .— М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006 .— 752 с.
2. Техническое зрение роботов [Текст]/[В. И. Мошкин [и др.] , -М., Машиностроение, 1990

### Дополнительная литература

1. Зрительное восприятие пространства [Текст]/А. Д. Логвиненко, -М, МГУ, 1981
2. Интеллектуальные процессы и их моделирование [Текст] : организация движения, сборник научных трудов/отв. ред. А. В. Чернавский , -М., Наука, 1991
3. Трансформация цвета при изменении освещения [Текст]/В. В. Максимов , -М., Наука, 1984

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

Не используются

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

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

1. Изучение основ: Перед тем как приступить к изучению конкретных алгоритмов, важно хорошо понимать базовые понятия комбинаторной оптимизации, такие как перебор, комбинаторика, оптимизация, задачи на графах и т.д.
2. Чтение литературы: Изучите учебники и статьи по комбинаторной оптимизации, чтобы понять основные принципы и методы решения задач.
3. Практические задания: Решайте практические задачи по комбинаторным алгоритмам оптимизации. Это поможет вам лучше понять применение алгоритмов на практике.
4. Реализация алгоритмов: Попробуйте самостоятельно реализовать различные комбинаторные алгоритмы оптимизации на практике. Это поможет вам лучше усвоить материал и понять его принципы.
5. Изучение примеров: Изучите примеры задач, которые решаются с помощью комбинаторных алгоритмов оптимизации. Попробуйте разобраться в том, как эти алгоритмы применяются на практике.
6. Обсуждение с коллегами и преподавателями: Обсуждайте изученный материал с коллегами и преподавателями. Это поможет вам лучше усвоить информацию и получить разные точки зрения на проблему.
7. Постоянное обновление знаний: Комбинаторные алгоритмы оптимизации — это динамичная область, поэтому важно постоянно обновлять свои знания и следить за новыми разработками в этой области.

**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:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** И.А. Фараджев

## 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-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
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-3.2 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
	ОПК-3.6 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
	ОПК-3.7 Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области математики, естественных наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.4 Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
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 «Комбинаторные алгоритмы оптимизации» 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

Примерный перечень вопросов для текущего контроля:

1. Эволюция моделей.
2. Полиэдральная модель, ригидная модель, реалистическая модель объектов.
3. Ахроматический мир, плоский цветной мир, цветной мир при белом свете, реалистическая цветовая модель.
4. Математический аппарат: линейная алгебра, аналитическая геометрия, дифференциальные и интегральные уравнения, проективная геометрия.
5. Параллельные вычисления.
6. Однородные алгоритмы.
7. Наивный изоморфизм.
8. Принципы проецирования.
9. Лучевая оптика. Орто- и стереографическая проекции.
10. Аффинное, перспективное и проективное преобразования. Утеря глубины. Оклюзия.
11. Разрывная модель изображения трёхмерных сцен. Оптические аберрации.
12. Пространственное квантование. Квантование по времени. Смаз.
13. Полиокулярная регистрация. Нарушение соответствия.
14. Основы цветового зрения. Колориметрия. Законы Грассмана.
15. Спектральное и цветовые пространства. Источники света, окраски и сенсоры.
16. Близкие, далёкие и диффузные источники. Спектральная индикатрисса рассеяния. Ламбертова модель.
17. Зеркальная модель. Унихроматическая и дихроматическая модели.
18. Цветовой конус, цветное тело. Цветовая метрика трихромата.
19. Светлота, яркость и цветность. Адаптация. Цветовой контраст.

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

1. Основные типы комбинаторных объектов.
2. Структуры данных для представления комбинаторных объектов.
3. Трудоемкость алгоритмов и сложность задач.
4. Нижние и верхние оценки сложности. Сводимость и эквивалентность задач.
5. Классы P и NP. NP-полные задачи.
6. Алгоритмы упорядочения.
7. Алгоритмы, основанные на обходах графа.
8. Потоки в сети. Комбинаторные сети.
9. Нахождение минимального рассекающего множества в неориентированном графе.
10. Матроид.
11. Нахождение остовного дерева максимального веса.
12. Дерево полного перебора.

#### **Критерии оценивания**

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.

отлично (9) - выставляется студенту, показавшему свободное оперирование знаниями учебной программы дисциплины, выполнение заданий творческого характера.

отлично (8) - выставляется студенту, показавшему владение программным учебным материалом с наличием несущественных ошибок в действиях, самостоятельно исправляемых учащимся.

хорошо (7) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускается в ответе или в решении задач некоторые неточности.

хорошо (6) - выставляется студенту если он осознает воспроизведение программного учебного материала, в том числе и различной степени сложности, с несущественными ошибками, затруднения в применении отдельных навыков.

хорошо (5) - выставляется студенту если теоретическое содержание освоено не полностью, некоторые практические навыки сформированы недостаточно, в некоторых случаях были допущены ошибки.

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.

удовлетворительно (3) - выставляется студенту в случае большого количества недочетов и неправильных ответов, а также пассивной работе в ходе занятий, многие учебные задания не выполнены.

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.

неудовлетворительно (1) - выставляется студенту, который не освоил теоретическое и практическое содержание курса, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки.

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

Во время проведения эдифференцированного зачета по дисциплине "Комбинаторные алгоритмы оптимизации" обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины. Дифференцированный зачет проходит путем специального опроса, проводимого в устной форме.