

**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>	Модели и методы технического зрения
<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>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

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

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: П.П. Николаев, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры когнитивных технологий 02.04.2024

## Аннотация

Курс раскрывает дополнительные главы математической теории технического зрения. В нем представлены два направления: методы проективно-инвариантного анализа формы, а также модели и методы анализа окраски, инвариантные к условиям освещения (алгоритмы цветовой константности). Области применения и основные стадии цифровой обработки изображений. Основы цифрового представления изображений. Пространственные методы улучшения изображений. Частотные методы улучшения изображений. Восстановление изображений. Морфологическая обработка изображений. Сегментация изображений.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

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

#### 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
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области информатики и вычислительной техники	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области информатики и вычислительной техники
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-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
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	История и эволюция предмета.	15	15		45
2	Механизмы формирования изображений.	5	15		20
3	Методы исследования свойств материалов на наноуровне.	5	15		15
4	Геометрические и цветовые инварианты объектов на изображении.	5	15		10
Итого часов		30	60		90
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

###### **1. История и эволюция предмета.**

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. Полиокулярная 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-аналитической модели. Ключи гауссовской спектральной модели. Детектирование ключевых объектов.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (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. Хорн, Б. К. П. Зрение роботов [Текст] / Б. К. П. Хорн ; пер. с англ. Бродской И. М., Зуевой Е. Ю., Каргашина А. Ю. под ред. Кугушева Е. И., Садова Ю. А. — М. : Мир, 1989 .— 488 с..

### Дополнительная литература

1. Интеллектуальные сенсоры [Текст], учеб. пособие для вузов /И. Д. Войтович, В. М. Корсунский. М., Интернет-ун-т информ. технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009  
Интеллектуальные процессы и их моделирование (ред. Е.П. Велехов, А.В. Чернавский). – М.: Наука, 1987.  
В. В. Максимов. Трансформация цвета при изменении освещения. – М.: Наука, 1984.  
Психология машинного зрения (ред. П. Уинстон). – М.: Мир, 1978.

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

<http://elibrary.ru/defaultx.asp> Научная электронная библиотека;  
<http://www.twirpx.com> Все для студента

**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)**

Методические рекомендации позволяют студенту оптимальным образом организовать процесс обучения. В рабочей программе приведено примерное распределение часов аудиторной и внеаудиторной нагрузки по различным темам данной дисциплины.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<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>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

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

**Разработчик:** П.П. Николаев, д-р физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области информатики и вычислительной техники	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания и новые научные принципы и методы исследований в области информатики и вычислительной техники
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-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
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 методами и алгоритмами решения задач	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания



ПК-5 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-3.2 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 «Модели и методы технического зрения» 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 контрольной работы:

1. Психология, психофизиология, психофизика, кибернетика, искусственный интеллект, зрительный интеллект.
2. Орто- и стереографическая проекции. Аффинное, перспективное и проективное преобразования.
3. Цветовой конус, цветное тело.
4. Ламбертова модель. Зеркальная модель.
5. Унихроматическая и дихроматическая модели.
6. Ключи спектральной модели. Ключи гауссовской спектральной модели.
7. Детектирование ключевых объектов.
8. Ранговая классификация цветовых распределений.
9. Ранг и код как инварианты объекта.
10. Редукция цветового пространства: плоскость цветности и окружность цветового тона.
11. Параметризация цветовых характеристик. Возможности тетрахроматических систем.

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

1. Этапы становления технического зрения.
2. Эволюция моделей по форме объектов сцены и свойствам светорассеяния.
3. Математический аппарат разделов технического зрения.
4. Геометрия формирования изображений и потери сенсорного представления.
5. Психофизика цвета и формы. Основы цветовосприятия.
6. Однородные алгоритмы, коннекционизм и наивный изоморфизм.
7. Модели формирования изображений (линейные и иные).
8. Типы источников освещения. Блики и интеррефлекс.
9. Типы границ на цветном изображении 3D сцены, физика их формирования.
10. Аффинное преобразование: инварианты, базис, 2D и 3D системы координат.
11. Проективное преобразование: инвариант, базис, 2D системы координат.
12. Проективно-инвариантные точки контуров.
13. Инвариантное представление гладких контуров и 2D симметрии.
14. Ранг и код как инварианты однородно окрашенного объекта.
15. Редукция пространства сенсора и параметризация цветовых характеристик.
16. Дуализм цветовосприятия и феномены константности в психофизике.
17. Константность цвета. Свойства ключевых объектов и методы их детекции.
18. Спектральные модели и алгоритмы цветовой константности.
19. Цветоконстантность и сегментация в техническом зрении.
20. Карта отражательной способности и алгоритмы вычисления светлоты.
21. Обратные задачи восстановления формы в статике (бино- и монокулярные).
22. Эпиполярная геометрия, корреспонденция и ректификация стереопары.
23. Обратные задачи восстановления формы в динамике (сенсора и объектов).
24. Параллакс движения и цилиндры Ульмана в психофизике.
25. Форма по текстуре. Схема Вудхема. Структурный свет. Оптический поток.
26. Задачи цветовоспроизведения и смены цветового пространства.

#### 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**

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.