

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Е.А. Белянко**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Алгоритмы распознавания образов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

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

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Д.А. Хизбуллин, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления 30.04.2021

## Аннотация

К курсу рассматриваются алгоритмы распознавания образов для автономного мобильного транспорта. Рассматриваются как классические алгоритмы распознавания образов, так и методы распознавания образов на базе нейронных сетей. Значительное внимание уделяется практическим аспектам запуска алгоритмов на аппаратных платформах в реальном времени. Дается обзор источников сенсорных данных – фотосенсора и лазерного сканирующего сенсора LiDAR. Также даются знания об открытых базах данных сенсорной информации, снятой с транспортного средства, пригодных для тестирования алгоритмов распознавания образов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Целью курса является ознакомление слушателей с современными подходами создания программного кода, способного позволить наземному транспортному средству автономно (без участия водителя) передвигаться по городу и трассе. Ввиду чрезвычайной сложности городского сценария использования автономного транспорта, ставится задача познакомить слушателя и алгоритмами машинного обучения, способными решать подобные задачи. Вследствие критической важности безопасности людей-участников дорожного движения, ставится цель познакомить слушателя с классическими алгоритмами компьютерного зрения, удовлетворяющими требованиям автомобильной индустрии.

#### Задачи дисциплины

- получение представления о проблемах, встающих перед создателями программного комплекса, реализующего функцию беспилотного вождения.
- приобретение знаний о современных средствах решения задач беспилотного вождения
- получение практических навыков разработки программного кода компонентов программного комплекса беспилотного вождения, отвечающих за распознавание образов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные задачи в области распознавания образов беспилотного транспорта и методы их решения, как алгоритмические, так и при помощи нейронных сетей; иметь представление о системных аспектах проектирования программного кода для мобильных систем реального времени, требующих повышенной надежности;
- иметь представление о структуре и параметрах открытых датасетов для беспилотных автомобилей.

уметь:

- разрабатывать программный код классических алгоритмов компьютерного зрения на облаках точек.

владеть:

- навыками тренировки нейронной сети/

### 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 в алгоритмы распознавания образов.	4			2
2	Координатные системы	4			2
3	Классические алгоритмы компьютерного зрения	6			3
4	Распознавание образов при помощи нейронных сетей	4			2
5	Сети с многокадровой агрегацией	4			2
6	Метрики точности для верификации классических алгоритмов	4			2
7	Тензорные компиляторы для нейронных сетей	4			2
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 6 (Весенний)

##### 1. Введение в алгоритмы распознавания образов.

Уровни автономии SAE беспилотных автомобилей. Классический программный стек беспилотных автомобилей. Уровни системной интеграции ASIL, стандарт ISO26262.

Обзор технологий LiDAR сенсоров, особенности применения для различных уровней автономии. Разбор характеристик LiDAR сенсора на примере Velodyne VLP16. Особенности фотосенсоров (камер) для подвижных систем: глобальный затвор.

## 2. Координатные системы

Системные свойства программного стека беспилотных автомобилей. Координатные системы: глобальная, локальная, сенсорная. Взаимная сенсорная калибровка: между камерами, LiDAR сенсорами и ГНСС-инерциальным модулем. Гомогенные координаты и координатные преобразования, проекционные преобразования.

Синхронизация сенсорных измерений и вычислительной платформы, выставление временных отметок. Задержка обработки замера, конвейеризация обработки, дрожание задержки.

## 3. Классические алгоритмы компьютерного зрения

Обзор задач компьютерного зрения в области беспилотного транспорта. Классические алгоритмы компьютерного зрения на базе изображений: извлечение пространственной глубины по стерео-паре. Многокадровая агрегация измерений, компенсация движения транспортного средства.

Классические алгоритмы компьютерного зрения для облаков точек. Выделение поверхности дороги. Сетка заполненности: выделение свободных, заполненных и областей пространства, о которых нет информации. Кластеризация на облаках точек: евклидова кластеризация, алгоритмы DBSCAN, HDBSCAN, OPTICS. Выделение выпуклой оболочки, вогнутая оболочка. Выделение линий разметки: по изображению с камеры и по атрибуту интенсивности облака точек.

Разбор заготовки кода на C++ для практических заданий 1 и 2.

Разбор практического задания 1: проекция LiDAR облака точек на изображение с камеры

Разбор практического задания 2: реализация DBSCAN на C++ при помощи библиотеки PCL

## 4. Распознавание образов при помощи нейронных сетей

Основные принципы машинного обучения. Задачи детекции объектов на изображениях: сети SSD и FasterRCNN. Задача семантической сегментации на изображениях: сети UNet и DeepLab.

Нейронные сети для детекции и семантической сегментации облаков точек. Базовый блок: PointNet. Группа нейронных сетей для детекции динамических объектов в декартовых координатах с привязкой к поверхности дороги: VoxelNet и последователи.

## 5. Сети с многокадровой агрегацией

Сети с многокадровой агрегацией информации на примере FaF. Группа сетей с совмещением декартового и цилиндрического представления облаков точек: MV3D, MVE, Multi-view LidarNet.

Датасеты для задач распознавания образов в беспилотном транспорте: KITTI, Semantic KITTI, nuScenes, Waymo, Argoverse, Lyft Level 5. Сравнение форматов представления данных и информационной ценности датасетов.

## 6. Метрики точности для верификации классических алгоритмов

Метрики точности для верификации классических алгоритмов и моделей машинного обучения. Регрессионный анализ при итеративной разработке моделей машинного обучения.

Обзор аппаратных вычислительных платформ для беспилотных автомобилей. Особенности реализации для удовлетворения стандарту ISO26262: резервирование и функциональная безопасность.

## 7. Тензорные компиляторы для нейронных сетей

Разбор практического задания 3: тонкая настройка нейросетевой модели PointPillars для детекции объектов на датасете KITTI.

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

Стандартная аудитория для лекций и практических занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система) и компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет».

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Теория распознавания образов. Статистические проблемы обучения [Текст], [монография]/В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис, -М., Наука, 1974
2. Мерков А.Б. Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения.

### Дополнительная литература

1. Т.А. Капитонова. Нейросетевое моделирование в распознавании образов/

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

<https://openedu.ru/course/spbstu/NEUROINF/>

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. Для демонстрации практических аспектов работы исследуемых систем используется программное обеспечение Docker, Visual Studio Code.

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

Успешное освоение курса требует самостоятельной работы студента с источниками. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций),
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях,
- подготовку к контрольной работе.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате периодических опросов по материалу предыдущих лекций и анализа итогов контрольной работы.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах управления
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	Д.А. Хизбуллин, ассистент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Алгоритмы распознавания образов» обучающийся должен:

### знать:

- основные задачи в области распознавания образов беспилотного транспорта и методы их решения, как алгоритмические, так и при помощи нейронных сетей; иметь представление о системных аспектах проектирования программного кода для мобильных систем реального времени, требующих повышенной надежности;
- иметь представление о структуре и параметрах открытых датасетов для беспилотных автомобилей.

### уметь:

- разрабатывать программный код классических алгоритмов компьютерного зрения на облаках точек.

### владеть:

- навыками тренировки нейронной сети/

## 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

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Системные свойства программного стека беспилотных автомобилей.
2. Гомогенные координаты и координатные преобразования, проекционные преобразования.
3. Синхронизация сенсорных измерений и вычислительной платформы, выставление временных отметок.
4. Задержка обработки замера, конвейеризация обработки, дрожание задержки.
5. Классические алгоритмы компьютерного зрения. Обзор задач компьютерного зрения в области беспилотного транспорта.
6. Классические алгоритмы компьютерного зрения на базе изображений: извлечение пространственной глубины по стерео-паре. Многокадровая агрегация измерений, компенсация движения транспортного средства.
7. Кластеризация на облаках точек: эвклидова кластеризация, алгоритмы DBSCAN, HDBSCAN, OPTICS.
8. Распознавание образов при помощи нейронных сетей. Основные принципы машинного обучения.
9. Задачи детекции объектов на изображениях: сети SSD и FasterRCNN.
10. Задача семантической сегментации на изображениях: сети UNet и DeepLab.
11. Группа нейронных сетей для детекции динамических объектов в декартовых координатах с привязкой к поверхности дороги: VoxelNet и последователи.
12. Сети с многокадровой агрегацией информации на примере FaF. Группа сетей с совмещением декартового и цилиндрического представления облаков точек: MV3D, MVF, Multi-view LidarNet.
13. Метрики точности для верификации классических алгоритмов и моделей машинного обучения.
14. Регрессионный анализ при итеративной разработке моделей машинного обучения.
15. Тензорные компиляторы для нейронных сетей.

#### Критерии оценивания

Оценка отлично (10) 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) 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) выставляется студенту, показавшему 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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) 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**

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

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

.