

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**«УДМУРТСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР**  
Уральского отделения Российской академии наук»  
(УдмФИЦ УрО РАН)

Образовательная программа одобрена  
Объединенным ученым советом Удмуртского  
федерального исследовательского центра УрО  
РАН  
Протокол № 2 от 11.03.2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор УдмФИЦ УрО РАН

  
М.Ю. Альес  
«11» 03 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Машинные методы обучения в встраиваемых системах**

Направление подготовки  
*12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические  
и биотехнические системы и технологии*

Квалификация (степень) выпускника  
*исследователь – преподаватель, исследователь*

Форма обучения  
*очная*

Ижевск

Рабочая программа сформирована в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии (Приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 № 877), программой-минимум по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»; паспортом специальности научных работников 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»; учебным планом подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре УдмФИЦ УрО РАН по направлению 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии.

Разработчик программы:

Г.н.с., д.ф.-м.н.

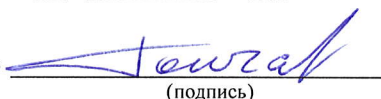
  
(подпись)

Е.Ю.Шелковников

Рабочая программа обсуждена и одобрена Объединенным ученым советом Удмуртского федерального исследовательского центра УрО РАН.

Протокол №2 от «11» 03 2024г.

Ученый секретарь

  
(подпись)

О.Ю. Гончаров  
(И.О. Фамилия)

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора

по естественно-научному направлению, д.т.н.

 А.И. Коршунов 11.03 2024г.

Зав. аспирантурой, к.ф.-м.н.

 М.Ю. Лебедева 11.03 2024г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели специальной дисциплины: Ознакомление аспирантов с основными вопросами теории машинного обучения и её применением во встраиваемых системах.

Задачи: Приобретение теоретических знаний о методах машинного обучения, овладение практическими навыками разработки встраиваемых систем и приобретение практических навыков применения машинных методов обучения во встраиваемых системах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Машинные методы обучения в встраиваемых системах» является базовой дисциплиной вариативной части Блока 1 по направлению подготовки 12.06.01 Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, направленности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать знаниями, полученными на 1 и 2 курсах аспирантуры.

Дисциплина изучается на 3 курсе.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Машинные методы обучения в встраиваемых системах» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП и направленностью подготовки.

По итогам изучения дисциплины «Машинные методы обучения в встраиваемых системах» аспирант, должен обладать следующими компетенциями:

### **Общепрофессиональные компетенции:**

**ОПК-2.** Способность предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований.

#### **Знать:**

- современное состояние и тенденции развития методов машинного обучения во встраиваемых системах.

#### **Уметь:**

- выбирать метод машинного обучения и применять его в разрабатываемой системе.

#### **Владеть:**

- принципами выбора методов машинного обучения и средств, соответствующих условиям и задачам исследования.

### **Профессиональные компетенции:**

**ПК-1.** Владеть теоретическими и методологическими основами проектирования, эксплуатации средств контроля свойств и параметров природной среды, веществ, материалов и изделий.

- классификацию методов машинного обучения;

- особенности микропроцессоров и ПЛИС применяемых для машинного обучения.

#### **Уметь:**

- уметь выбирать архитектуру модели для обучения в соответствии с требованиями решаемой задачи;

- уметь реализовывать программы для микропроцессоров и ПЛИС.

#### **Владеть:**

- навыками реализации средств контроля на основе микропроцессоров и ПЛИС для решения поставленной задачи.

**ПК-3.** Способность использовать современные программно-аппаратные средства для проведения научных исследований.

**Знать:**

- общие принципы функционирования пакетов автоматизации процесса измерения;
- свободно распространяемые пакеты для реализации машинных методов обучения во встраиваемых системах.

**Уметь:**

- создавать модель для выбранного метода машинного обучения;
- обучение модели на языке Python с применением библиотек PyTorch, TensorFlow;
- осуществлять развертывание натренированной модели во встраиваемой системе для решения задач исследования.

**Владеть:**

- навыками работы со специализированными пакетами программ для реализации методов машинного обучения во встраиваемой системе для решения задач исследования.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единиц (ЗЕ), 108 академических часа, из них 36 аудиторных часов, 72 часа самостоятельной работы аспирантов.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
Аудиторная работа (всего):	48
в т. числе:	
Лекции	36
Практические занятия (ПЗ)	24
Семинары (С)	
Самостоятельная работа и(или) другие виды самостоятельной работы (СР)	24
Вид итогового контроля	
Реферат	24

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость в часах	Лекции	ПЗ	СР
1	Основы машинного обучения	20	8	6	6
2	Глубокое обучение	20	8	6	6
3	Встраиваемые системы	20	8	6	6
4	Машинное обучение во встраиваемых системах	24	12	6	6
5	Реферат	24			
6	<b>Всего</b>	108	36	24	24

## 5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>Основы машинного обучения</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
1.1.	<i>Основные понятия машинного обучения</i>	Цели машинного обучения. Понятие машинного обучения. Понятие обучающей выборки и признака.
1.2.	<i>Задачи и методы машинного обучения</i>	Задачи машинного обучения. Обучение с учителем и без учителя. Обучение с подкреплением. Метод k-ближайших соседей. Метод главных компонент. Метод опорных векторов. Искусственные нейронные сети
<i>Содержание научно-практического курса</i>		
1.1.	<i>Основные понятия машинного обучения</i>	Цели машинного обучения. Понятие машинного обучения. Понятие обучающей выборки и признака.
1.2.	<i>Задачи и методы машинного обучения</i>	Задачи машинного обучения. Обучение с учителем и без учителя. Обучение с подкреплением. Метод k-ближайших соседей. Метод главных компонент. Метод опорных векторов. Искусственные нейронные сети
<b>2</b>	<b>Глубокое обучение</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
2.1.	<i>Основы глубокого обучения</i>	Многослойный персептрон. Функция активации. Функция потерь. Метод обратного распространения ошибки. Метрики для оценки качества машинного обучения.
2.2	<i>Задачи и методы глубокого обучения</i>	Сверточные нейросети. Задачи сверточных нейросетей. Рекуррентные нейросети. Задачи рекуррентных нейросетей. Особенности современных моделей глубокого обучения
<i>Содержание научно-практического курса</i>		
2.1.	<i>Основы глубокого обучения</i>	Многослойный персептрон. Функция активации. Функция потерь. Метод обратного распространения ошибки. Метрики для оценки качества машинного обучения.
2.2	<i>Задачи и методы глубокого обучения</i>	Сверточные нейросети. Задачи сверточных нейросетей. Рекуррентные нейросети. Задачи рекуррентных нейросетей. Особенности современных моделей глубокого обучения
<b>3</b>	<b>Встраиваемые системы</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
3.1.	<i>Основы встраиваемых систем</i>	Понятие встраиваемых систем. Особенности встраиваемых систем. Общая структура встраиваемых систем. Области применения встраиваемых систем.
3.2.	<i>Программирование встраиваемых систем</i>	Программирование встраиваемых микропроцессоров. Применение операционных систем во встраиваемых системах. Языки описания аппаратуры Verilog и VHDL для программирования ПЛИС.

<i>Содержание научно-практического курса</i>		
3.1.	<i>Основы встраиваемых систем</i>	Понятие встраиваемых систем. Особенности встраиваемых систем. Общая структура встраиваемых систем. Области применения встраиваемых систем.
3.2.	<i>Программирование встраиваемых систем</i>	Программирование встраиваемых микропроцессоров. Применение операционных систем во встраиваемых системах. Языки описания аппаратуры Verilog и VHDL для программирования ПЛИС.
4	<b>Машинное обучение во встраиваемых системах</b>	
<i>Содержание лекционного курса</i>		
4.1.	<i>Применение машинного обучения во встраиваемых системах</i>	Особенности применения машинного обучения во встраиваемых системах. Архитектуры моделей, используемых во встраиваемых системах. Методы оптимизации алгоритмов машинного обучения. Распараллеливание. Квантование. Облачная обработка.
4.2.	<i>Применение машинного обучения на микропроцессорах и ПЛИС</i>	Библиотеки для реализации машинного обучения на микропроцессорах. Специализированные микропроцессоры. Программные пакеты для реализации машинного обучения на ПЛИС.
4.3	<i>Процессоры для ускорения вычислений</i>	Графические процессоры. Тензорные процессоры. Нейронные процессоры. Процессоры машинного зрения.
<i>Содержание научно-практического курса</i>		
4.1.	<i>Применение машинного обучения во встраиваемых системах</i>	Особенности применения машинного обучения во встраиваемых системах. Архитектуры моделей, используемых во встраиваемых системах. Методы оптимизации алгоритмов машинного обучения. Распараллеливание. Квантование. Облачная обработка.
4.2.	<i>Применение машинного обучения на микропроцессорах и ПЛИС</i>	Библиотеки для реализации машинного обучения на микропроцессорах. Специализированные микропроцессоры. Программные пакеты для реализации машинного обучения на ПЛИС.
4.3	<i>Процессоры для ускорения вычислений</i>	Графические процессоры. Тензорные процессоры. Нейронные процессоры. Процессоры машинного зрения.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Рекомендуемая основная литература

а) основная литература

1. Бринк, Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. — СПб.: Питер, 2017. — 336 с.
2. Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение. 2-е изд. / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль, пер. с англ. А. А. Слинкина. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 652 с.
3. Харрис, Д. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Д. Харрис, С. Харрис. — М.: ДМК Пресс, 2018. — 792 с.
4. Бройнль, Т. Встраиваемые робототехнические системы. Проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления / Т. Бройнль. — Ижевск.: Институт компьютерных исследований, 2012. — 520 с.

## **6.2. Дополнительная литература:**

1. Situnayake, D. TinyML: Machine Learning With TensorFlow on Arduino, and Ultra-Low Power Micro-Controllers / D. Situnayake. — O'Reilly Media, 2019. — 576 p.
2. Moons, B. Embedded Deep Learning: Algorithms, Architectures and Circuits for Always-on Neural Network Processing / B. Moons, D. Bankman, M. Verhelst. — Springer International Publishing, 2019. — 216 p.

## **6.3. Программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

1. Специализированные пакеты Quartus Prime, Python, TensorFlow, PyTorch.
2. ОС Linux

Основные Интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

Электронная библиотека диссертаций РГБ <http://www.diss.rsl.ru/>

Web-кабинет ученого (ЦНБ УрО РАН) <http://i.uran.ru/webcab>

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

### **7.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, осуществляемая не реже 2-х раз в семестр. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный опрос. Оценивание проводится преподавателем, ведущим дисциплину.

Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

### **7.2. Итоговый контроль**

По завершению изучения дисциплины аспирант на семинаре профильного отдела УдмФИЦ УрО РАН предоставляет реферат, включающий отчет о применении методов машинного обучения во встраиваемых системах в рамках выпускной квалификационной работы. В реферате конкретизируются цели и задачи применения этих методов, актуальность их использования, сведения об исходных данных, методике обработки и интерпретации (формирование компетенций ОПК-2, ПК-1, ПК-3). Реферат представляется на бумажном носителе. Защита реферата сопровождается компьютерной презентацией, отражающей его содержание.

**Темы рефератов по дисциплине «Машинные методы обучения в встраиваемых системах»**

1. История развития методов машинного обучения
2. Особенности применения метода обратного распространения ошибки для обучения сверточных нейронных сетей
3. Сравнение библиотек TensorFlow и PyTorch
4. Современные сверточные нейронные сети
5. Сравнение библиотек для реализации методов машинного обучения на микропроцессорах
6. Сравнение программных пакетов для реализации методов машинного обучения на ПЛИС

## Критерии оценки реферата

Оценка «отлично» ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе;
- умении оперировать специальными терминами;
- использовании в ответе дополнительного материала;
- иллюстрировании теоретических положений практическим материалом.

Оценка «хорошо» ставится при:

- в целом правильном и полном ответе с негрубыми ошибками или неточностями;
- умении оперировать специальными терминами;
- небольших затруднениях в использовании практического материала;
- не вполне законченных выводах или обобщениях.

Оценка «удовлетворительно» ставится при:

- схематичном неполном ответе;
- наличии одной грубой ошибки;
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

Оценка «неудовлетворительно» ставится при:

- отсутствии текста реферата на бумажном носителе и компьютерной презентации, отражающей содержание реферата;
- ответе на вопросы с грубыми ошибками;
- неумении оперировать специальными терминами и их незнании;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лаборатории УдмФИЦ УрО РАН располагают материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

1. Компьютеры с пакетами прикладных программ;

2. Приборное обеспечение и установки лабораторий УдмФИЦ УрО РАН;

3. Доступ к библиотечному фонду УдмФИЦ УрО РАН, который укомплектован изданиями научной, учебной и иной литературы, включая периодические издания; к электронно-информационным ресурсам Центральной научной библиотеки УрО РАН и иным ресурсам научной литературы через Интернет.

Имеются учебные аудитории для проведения лекционных занятий, мультимедийное оборудование, программное обеспечение для компьютерных презентаций, обеспечен доступ аспирантов к компьютеру с выходом в Интернет.