

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	Всего	108	36	24	24

5.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1	Основы машинного обучения	
<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
2	Глубокое обучение	
<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
3	Встраиваемые системы	
<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	Машинное обучение во встраиваемых системах	
<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.