

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 29.05.2024 10:35:38

Уникальный программный ключ:

ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Факультет искусственного интеллекта

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В ML

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

02.03.02 ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2024 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Методы оптимизации в ML» входит в программу бакалавриата «Искусственный интеллект: разработка и обучение интеллектуальных систем» по направлению 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» и изучается в 6 семестре 3 курса. Дисциплину реализует NOT DEFINED. Дисциплина состоит из 8 разделов и 8 тем и направлена на изучение классических и современных методов решения задач непрерывной оптимизации (в том числе невыпуклой), а также особенностям применения этих методов в задачах оптимизации, возникающих в машинном обучении.

Целью освоения дисциплины является выработка у слушателей навыков по подбору подходящего метода для своей задачи, наиболее полно учитывающего её особенности.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Методы оптимизации в ML» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-3	Способен к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	ОПК-3.1 Знает методы теории алгоритмов, методы системного и прикладного программирования, основные положения и концепции в области математических, информационных и имитационных моделей; ОПК-3.2 Умеет соотносить знания в области программирования, интерпретацию прочитанного, определять и создавать информационные ресурсы глобальных сетей, образовательного контента, средств тестирования систем; ОПК-3.3 Имеет практический опыт применения разработки программного обеспечения;
ПК-1	Способен создавать и оценивать различные модели машинного обучения и алгоритмы искусственного интеллекта с целью выбора наиболее эффективных решений для конкретных профессиональных задач	ПК-1.1 Умеет определять типы задач (классификация, регрессия, кластеризация и т.д.) и подходящие для них методы машинного обучения.; ПК-1.2 Владеет методами создания и обучения моделей с использованием различных алгоритмов и техник ML и AI; ПК-1.3 Применяет метрики для оценки производительности моделей, таких как точность, полнота, F1-мера и другие; ПК-1.4 Демонстрирует навыки обработки, представления и анализа данных для построения моделей машинного обучения;
ПК-2	Способен эффективно работать с большими объемами данных, включая их предварительную обработку, анализ и визуализацию, с целью извлечения полезной информации для обучения моделей искусственного интеллекта	ПК-2.1 Демонстрирует навыки анализа данных с использованием статистических методов и инструментов, таких как Python, R, SQL, NoSQL; ПК-2.2 Владеет методами работы с различными алгоритмами машинного обучения и глубинного обучения для решения различных задач;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Методы оптимизации в ML» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Методы оптимизации в ML».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-3	Способен к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	Практикум по программированию; Программирование на языке Python; Реляционные базы данных; Инструменты обработки и визуализации данных; NoSQL базы данных; Обработка сигналов; Онтология и графы знаний; Hadoop, SPARK;	Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Практикум по программированию;
ПК-1	Способен создавать и оценивать различные модели машинного обучения и алгоритмы искусственного интеллекта с целью выбора наиболее эффективных решений для конкретных профессиональных задач	Нейронные сети; Сбор и разметка данных для машинного обучения; Практикум по программированию; Методы машинного обучения; Глубинное обучение; <i>Типовые задачи и применение ИИ в лингвистике**;</i> <i>Типовые задачи и применение ИИ в финансах**;</i> <i>Практикум по программированию в лингвистике**;</i> <i>Практикум по программированию в финансах**;</i>	Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная); Управление проектами; Практикум по программированию;
ПК-2	Способен эффективно работать с большими объемами данных, включая их предварительную обработку, анализ и визуализацию, с целью извлечения полезной информации для обучения	NoSQL базы данных; Нейронные сети; Искусственный интеллект и когнитивная психология; Программирование на языке Python; Сбор и разметка данных для машинного обучения; Инструменты обработки и	Преддипломная практика; Технологическая (проектно-технологическая) практика (производственная);

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	моделей искусственного интеллекта	визуализации данных; Онтология и графы знаний; Hadoop, SPARK; Обработка сигналов; <i>Введение в лингвистику**</i> ; <i>Введение в финансы**</i> ; <i>Типовые задачи и применение ИИ в лингвистике**</i> ; <i>Типовые задачи и применение ИИ в финансах**</i> ; <i>Практикум по программированию в лингвистике**</i> ; <i>Практикум по программированию в финансах**</i> ; Глубинное обучение; Технологическая (проектно-технологическая) практика (учебная);	

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Методы оптимизации в ML» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			6
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72
Лекции (ЛК)	18		18
Лабораторные работы (ЛР)	18		18
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	45		45
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27		27
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	144	144
	зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Основные понятия и примеры задач	1.1	Градиент и гессиан функции многих переменных, их свойства, необходимые и достаточные условия безусловного экстремума; Матричные разложения, их использование для решения СЛАУ; Структура итерационного процесса в оптимизации, понятие оракула, критерии останова; Глобальная и локальная оптимизация, скорости сходимости итерационных процессов оптимизации; Примеры оракулов и задач машинного обучения со «сложной» оптимизацией.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Методы одномерной оптимизации	2.1	Минимизация функции без производной: метод золотого сечения, метод парабол; Гибридный метод минимизации Брента; Методы решения уравнения : метод деления отрезка пополам, метод секущей; Минимизация функции с известной производной: кубическая аппроксимация и модифицированный метод Брента; Поиск ограничивающего сегмента; Условия Армихо-Голдштайна-Вольфа для неточного решения задачи одномерной оптимизации; Неточные методы одномерной оптимизации, backtracking.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Методы многомерной оптимизации	3.1	Методы линейного поиска и доверительной области; Метод градиентного спуска: наискорейший спуск, спуск с неточной одномерной оптимизацией, скорость сходимости метода для сильно-выпуклых функций с липшицевым градиентом, зависимость от шкалы измерений признаков; Сходимость общего метода линейного поиска с неточной одномерной минимизацией; Метод Ньютона: схема метода, скорость сходимости для выпуклых функций с липшицевым гессианом, подбор длины шага, способы коррекции гессиана до положительно-определённой матрицы; Метод сопряженных градиентов для решения систем линейных уравнений, скорость сходимости метода, редобуславливание; Метод сопряженных градиентов для оптимизации неквадратичных функций, стратегии рестарта, зависимость от точной одномерной оптимизации; Неточный (безгессианный) метод Ньютона: схема метода, способы оценки произведения гессиана на вектор через вычисление градиента; Применение неточного метода Ньютона для обучения линейного классификатора и нелинейной регрессии, аппроксимация Гаусса-Ньютона и адаптивная стратегия Levenberg-Marquardt; Квазиньютоновские методы оптимизации: DFP, BFGS и L-BFGS;	ЛК, ЛР
Раздел 4	Методы оптимизации с использованием глобальных верхних оценок, зависящих от	4.1	Вероятностная модель линейной регрессии с различными регуляризациями: квадратичной, L1, Стьюдента; Идея метода оптимизации, основанного на использовании глобальных	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
	параметра		оценок, сходимость; Пример применения метода для обучения LASSO; Построение глобальных оценок с помощью неравенства Йенсена, EM-алгоритм, его применение для вероятностных моделей линейной регрессии; Построение оценок с помощью касательных и замены переменной; Оценка Jaakkola-Jordan для логистической функции, оценки для распределений Лапласа и Стьюдента; Применение оценок для обучения вероятностных моделей линейной регрессии; Выпукло-вогнутая процедура, примеры использования.	
Раздел 5	Методы внутренней точки.	5.1	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах условной оптимизации, условия Куна-Таккера и условия Джона, соотношение между ними; Выпуклые задачи условной оптимизации, двойственная функция Лагранжа, двойственная задача оптимизации; Решение задач условной оптимизации с линейными ограничениями вида равенство, метод Ньютона; Прямо-двойственный метод Ньютона, неточный вариант метода; Метод логарифмических барьерных функций; Методы первой фазы; Прямо-двойственный метод внутренней точки; Использование методов внутренней точки для обучения SVM	
Раздел 6	Разреженные методы машинного обучения	6.1	Модели линейной/логистической регрессии с регуляризациями L1 и L1/L2; Понятие субградиента выпуклой функции, его связь с направлением, необходимое и достаточное условие экстремума для выпуклых негладких задач безусловной оптимизации; Метод наискорейшего субградиентного спуска; Проксимальный метод; Метод покоординатного спуска и блочной покоординатной оптимизации	ЛК, ЛР
Раздел 7	Методы отсекающих плоскостей	7.1	Понятие отсекающего оракула, базовый метод отсекающих плоскостей (cutting plane); Надграфная форма метода отсекающих плоскостей; Bundle-версия метода отсекающих плоскостей, зависимость от настраиваемых параметров; Применение bundle-метода для задачи обучения SVM; Добавление эффективной процедуры одномерного поиска; Реализация метода с использованием параллельных вычислений и в условиях ограничений по памяти.	ЛК, ЛР
Раздел 8	Стохастическая оптимизация	8.1	Общая постановка задачи стохастической оптимизации, пример использования; Задачи минимизации среднего и эмпирического риска; Метод стохастического градиентного спуска, две фазы итерационного процесса, использование усреднения и инерции; Стохастический градиентный спуск как метод оптимизации и как метод обучения; Метод SAG; Применение стохастического градиентного спуска для SVM (алгоритм PEGASOS).	ЛК, ЛР

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве 2 шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Optimization for Machine Learning. Edited by Suvrit Sra, Sebastian Nowozin and Stephen J. Wright, MIT Press, 2012.

2. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации: Учебные пособия Издательство "Лань", 2016

3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебные пособия, Издательство "Лань", 2011

Дополнительная литература:

1. Ашманов С. А., Тимохов А. В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях:

Практикумы, лабораторные работы, сборники задач и упражнений. Издательство "Лань", 2012

2.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Методы оптимизации в ML».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Методы оптимизации в ML» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

РАЗРАБОТЧИК:

<hr/> <i>Должность, БУП</i>	<hr/> <i>Подпись</i>	<hr/> Баум Валентина Владимировна <i>Фамилия И.О.</i>
-----------------------------	----------------------	---

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

<hr/> Заведующий кафедрой <i>Должность БУП</i>	<hr/> <i>Подпись</i>	<hr/> <i>Фамилия И.О.</i>
---	----------------------	---------------------------

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

<hr/> <i>Должность, БУП</i>	<hr/> <i>Подпись</i>	<hr/> <i>Фамилия И.О.</i>
-----------------------------	----------------------	---------------------------