

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Хоружий Людмила Ивановна  
Должность: Директор института экономики и управления АПК  
Дата подписания: 05.12.2023 16:18:05  
Уникальный программный ключ:  
1e90b132d9b04dce67585160b015dddf2cb1e6a9



УТВЕРЖДАЮ:

Директор Института экономики и  
управления АПК

  
Л.И. Хоружий

2023 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
«Б1.В.ДВ.07.02 Построение, обучение и оптимизация моделей машинного  
обучения»**

Направление: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Направленность:

Большие данные и машинное обучение (Machine Learning & Big Data)

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2022

Курс 4

Семестр 8


1. В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 2023 г. начала подготовки.

2. Программа будет распространена при организации учебного процесса на направленность (профиль): Большие данные и машинное обучение.

Разработчик (и): Демичев В.В., канд. экон. наук, доцент

Невзоров А.С., ассистент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«28» августа 2023 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры статистики и кибернетики протокол № 11 от «28» августа 2023 г.

И.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики



А.В. Уколова

**Лист актуализации принят на хранение:**

И.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики



А.В. Уколова



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт экономики и управления АПК  
Кафедра статистики и кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института экономики и управ-  
ления АПК

  
Л.И. Хоружий  
“ 28 ” августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.07.02 Построение, обучение и оптимизация моделей машинного**  
**обучения**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Направленность:

Большие данные и машинное обучение (Machine Learning & Big Data)

Курс 4

Семестр 8

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

Москва, 2022

Разработчик (и): Харитонов А.Е., к.э.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

«24» 08 2022 г.

Рецензент: Коломеева Е.С., к.э.н.  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«26» 08 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Программа обсуждена на заседании кафедры статистики и кибернетики протокол № 11 от «26» августа 2022 г.

И.о.зав. кафедрой Уколова А.В., к.э.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«26» 08 2022 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии института экономики и управления АПК  
Корольков А.Ф., к.э.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«26» 08 2022 г.

И.о.заведующего выпускающей кафедрой статистики и кибернетики  
Уколова А.В., к.э.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

«26» 08 2022 г.

/Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	6
ПО СЕМЕСТРАМ .....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ /ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	10
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>11</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>12</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	12
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	16
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>16</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	16
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	17
7.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	17
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>17</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>18</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>18</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..</b>	<b>19</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>20</b>

## Аннотация

### рабочей программы учебной дисциплины

### **Б1.В.ДВ.07.02 «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения»**

**для подготовки бакалавров по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» по направленности Большие данные и машинное обучение (Machine Learning & Big Data) и**

**Цель освоения дисциплины:** Целью дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области проведения аналитического исследования с применением машинного обучения, а также осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах.

**Место дисциплины в учебном плане:** включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы): УК-4 (УК-4.2, УК-4.3), ПКос-9 (ПКос-9.1, ПКос-9.2, ПКос-9.3).

**Краткое содержание дисциплины:** Виды обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением. Основные типы задач: задача классификации, задача регрессии, задача кластеризации, задача прогнозирования, задача ранжирования. Основные проблемы машинного обучения: недостаточный объем обучающей выборки, пропуски в данных, переобучение. Обзор основных необходимых библиотек языка Python. Библиотека TensorFlow. Знакомство с библиотекой машинного обучения Keras. Обучение с подкреплением. Частичное обучение. Задачи оптимизации в машинном обучении. Оптимизация в обучении с учителем. Байесовская оптимизация. Байесовская оптимальная классификация. Байесовская оптимизация посредством бинарной классификации. Оптимальный отбор признаков. Выделение признаков через градацию отношений. Выделение признаков через отсечение ансамблей. Метрики ранжирования векторов. Модели линейной/логистической регрессии с регуляризациями L1 и L1/L2. Понятие субградиента выпуклой функции, его связь с производной по направлению, необходимое и достаточное условие экстремума для выпуклых негладких задач безусловной оптимизации. Метод наискорейшего субградиентного спуска. Проксимальный метод. Метод покоординатного спуска и блочной покоординатной оптимизации. Методы внутренней точки и отсекающих плоскостей. Методы внутренней точки. Методы отсекающих плоскостей. Стохастическая оптимизация. Методы оптимизации с использованием глобальных верхних оценок, зависящих от параметра. Стохастическая оптимизация.

**Общая трудоемкость дисциплины составляет:** 3 зачетные единицы (108 часов).

**Промежуточный контроль:** экзамен.

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области проведения аналитического исследования с применением машинного обучения, а также осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) учебного плана. Дисциплина «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» являются «Введение в компьютерные науки на иностранном языке», «Математический анализ», «Математическая статистика», «Теория вероятностей», «Алгоритмизация и программирование», «Основы науки о данных (Data Science)», «Анализ экономических данных с использованием современных информационных технологий на иностранном языке», «Анализ экономических данных с использованием современных информационных технологий», «Хранилища и системы интеллектуального анализа данных на иностранном языке», «Хранилища и системы интеллектуального анализа данных».

Рабочая программа дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

#### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.			УК-4.2 Уметь: применять на практике деловую коммуникацию в устной и письменной формах, методы и навыки делового общения на русском и иностранном языках		применять на практике деловую коммуникацию в целях построения, обучения и оптимизации моделей машинного обучения в устной и письменной формах на русском и иностранном языках	
2.			УК-4.3 Владеть: навыками чтения и перевода текстов на иностранном языке в профессиональном общении; навыками деловых коммуникаций в устной и письменной форме на русском и иностранном языках; методикой составления суждения в межличностном деловом общении на русском и иностранном языках			навыками деловых коммуникаций в области построения, обучения и оптимизации моделей машинного обучения в устной и письменной форме на русском и иностранном языках
5.			ПКос-9.1 Знать: предметную область анализа, типы больших данных, источники и методы извлечения информации, теоретические и прикладные основы анализа, технологии хранения и обработки, современные методы и инструментальные средства анализа больших данных	типы данных, источники и методы автоматического извлечения информации, технологии хранения и обработки, современные методы и инструментальные		



				средства построения, обучения и оптимизации моделей машинного обучения		
6.			ПКос-9.2 Уметь: оценивать соответствие наборов данных задачам анализа больших данных; использовать инструментальные средства для извлечения, преобразования, хранения и обработки данных из разнородных источников; разрабатывать и оценивать модели больших данных; автоматизировать процесс анализа больших данных; визуализировать результаты анализа больших данных		разрабатывать и оценивать модели больших данных	
7.			ПКос-9.3 Иметь навыки: выбора источников данных, оценки соответствия набора данных предметной области и задачам аналитических работ; получения и фильтрации, извлечения, проверки, очистки, агрегации и разработки представления больших объемов данных из гетерогенных источников			получения и фильтрации, извлечения, проверки, очистки, агрегации и разработки представления больших объемов данных из гетерогенных источников

## Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость, 8 семестр час. всего/*
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>50,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>50,4</b>
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	24
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	24/4
<i>консультации перед экзаменом</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>57,6</b>
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (про- работка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)</i>	33
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6
Вид промежуточного контроля:	экзамен

\* в том числе практическая подготовка.

## 4.2 Содержание дисциплины

## Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа			Внеауди- тная работа СР
		Л	ПЗ всего /*	ПКР	
Тема 1 Построение и обучение моделей машин- ного обучения	32/4	4	8/4		20
Тема 2 Оптимизация моделей машинного обуче- ния	73,6	20	16		37,6
Консультации перед экзаменом	2			2	
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4			0,4	
<b>Всего за 6 семестр</b>	<b>108/4</b>	<b>24</b>	<b>24/4</b>	<b>2,4</b>	<b>57,6</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108/4</b>	<b>24</b>	<b>24/4</b>	<b>2,4</b>	<b>57,6</b>

\* в том числе практическая подготовка

**Тема 1 Построение и обучение моделей машинного обучения**

Виды обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением. Основные типы задач: задача классификации, задача регрессии, задача кластеризации, задача прогнозирования, задача ранжирования. Основные проблемы машинного обучения: недостаточный объем обучающей выборки, пропуски в данных, пере-

обучение. Обзор основных необходимых библиотек языка Python. Библиотека TensorFlow. Знакомство с библиотекой машинного обучения Keras. Обучение с подкреплением. Частичное обучение.

## Тема 2 Оптимизация моделей машинного обучения

Задачи оптимизации в машинном обучении. Оптимизация в обучении с учителем. Байесовская оптимизация. Байесовская оптимальная классификация. Байесовская оптимизация посредством бинарной классификации. Оптимальный отбор признаков. Выделение признаков через градиент отношения. Выделение признаков через отсечение ансамблей. Метрики ранжирования векторов. Модели линейной/логистической регрессии с регуляризациями L1 и L1/L2. Понятие субградиента выпуклой функции, его связь с производной по направлению, необходимое и достаточное условие экстремума для выпуклых негладких задач безусловной оптимизации. Метод наискорейшего субградиентного спуска. Проксимальный метод. Метод покоординатного спуска и блочной покоординатной оптимизации. Методы внутренней точки и отсекающих плоскостей. Методы внутренней точки. Методы отсекающих плоскостей. Стохастическая оптимизация. Методы оптимизации с использованием глобальных верхних оценок, зависящих от параметра. Стохастическая оптимизация.

### 4.3 Лекции /практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекции /практические занятия и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
		Лекция 1. Построение и обучение моделей машинного обучения	ПКос-9.1 УК-4.2		4
		Практическая работа № 1. Построение и обучение моделей машинного обучения с использованием TensorFlow	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.2		4/2
		Практическая работа № 2. Построение и обучение моделей машинного обучения с использованием Keras	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.2		4/2
		Лекция 2. Задачи оптимизации в машинном обучении	ПКос-9.1 УК-4.2		6
		Лекция 3. Методы внутренней точки и отсекающих плоскостей	ПКос-9.1 УК-4.2		6
		Лекция 4. Стохастическая оптимизация	ПКос-9.1 УК-4.2		8

№ п/п	№ раздела	№ и название практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во Часов/ из них практическая подготовка
		Практическая работа № 3. Оптимизационный подход в машинном обучении	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.3	Защита работы	2
		Практическая работа № 4. Разреженные методы машинного обучения	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.3	Защита работы	2
		Практическая работа № 5. Методы внутренней точки	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.3	Защита работы	2
		Практическая работа № 6. Методы отсекающих плоскостей	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.3	Защита работы	2
		Практическая работа № 7. Методы оптимизации с использованием глобальных верхних оценок, зависящих от параметра	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.3	Защита работы	4
		Практическая работа № 8. Стохастическая оптимизация	ПКос-9.2 ПКос-9.3 УК-4.2 УК-4.3	Защита работы	4

Таблица 5

### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Тема 1 Построение и обучение моделей машинного обучения	Основные проблемы машинного обучения: недостаточный объем обучающей выборки, пропуски в данных, переобучение. (УК-4.2, УК-4.3, ПКос-9.1, ПКос-9.2)
2.	Тема 2 Оптимизация моделей машинного обучения	Выделение признаков через градицию отношений. Выделение признаков через отсечение ансамблей. Метрики ранжирования векторов. (УК-4.2, УК-4.3, ПКос-9.1, ПКос-9.2, ПКос-9.3)

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1	Лекция 2. Задачи оптимизации в машинном обучении	Л	Лекция-визуализация
2	Практическая работа № 1. Построение и обучение моделей машинного обучения с использованием TensorFlow	ПЗ	Деловая игра

## **6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности**

#### Вопросы к экзамену

1. Цели и задачи машинного обучения. Основные понятия.
2. Построение модели и сведение обучения к задаче оптимизации.
3. Методы оценки качества алгоритмов машинного обучения.
4. Проблема переобучения.
5. Внедрение алгоритма машинного обучения в эксплуатацию.
6. Градиент и гессиан функции многих переменных, их свойства, необходимые и достаточные условия безусловного экстремума;
7. Матричные разложения, их использование для решения СЛАУ;
8. Структура итерационного процесса в оптимизации, понятие оракула, критерии останова;
9. Глобальная и локальная оптимизация, скорости сходимости итерационных процессов оптимизации;
10. Примеры оракулов и задач машинного обучения со «сложной» оптимизацией. Методы одномерной оптимизации
11. Минимизация функции без производной: метод золотого сечения, метод парабол;
12. Гибридный метод минимизации Брента;
13. Методы решения уравнения : метод деления отрезка пополам, метод секущей;
14. Минимизация функции с известной производной: кубическая аппроксимация и модифицированный метод Брента;
15. Поиск ограничивающего сегмента;

16. Условия Армихо-Голдштайна-Вольфа для неточного решения задачи одномерной оптимизации;
17. Неточные методы одномерной оптимизации, backtracking.
18. Методы многомерной оптимизации.
19. Методы линейного поиска и доверительной области;
20. 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;
21. Сходимость общего метода линейного поиска с неточной одномерной минимизацией;
22. Метод Ньютона: схема метода, скорость сходимости для выпуклых функций с липшицевым гессианом, подбор длины шага, способы коррекции гессиана до положительно-определённой матрицы;
23. Метод сопряженных градиентов для решения систем линейных уравнений, скорость сходимости метода, предобуславливание;
24. Метод сопряженных градиентов для оптимизации неквадратичных функций, стратегии рестарта, зависимость от точной одномерной оптимизации;
25. Неточный (безгессианный) метод Ньютона: схема метода, способы оценки произведения гессиана на вектор через вычисление градиента;
26. Применение неточного метода Ньютона для обучения линейного классификатора и нелинейной регрессии, аппроксимация Гаусса-Ньютона и адаптивная стратегия Levenberg-Marquardt
27. Квазиньютоновские методы оптимизации: DFP, BFGS и L-BFGS; Тема 4. Методы оптимизации с использованием глобальных верхних оценок, зависящих от параметра
28. Вероятностная модель линейной регрессии с различными регуляризациями: квадратичной, L1, Стьюдента;
29. Идея метода оптимизации, основанного на использовании глобальных оценок, сходимость;
30. Пример применения метода для обучения LASSO;
31. Построение глобальных оценок с помощью неравенства Йенсена, EM-алгоритм, его применение для вероятностных моделей линейной регрессии;
32. Построение оценок с помощью касательных и замены переменной;
33. Оценка Jaakkola-Jordan для логистической функции, оценки для распределений Лапласа и Стьюдента;
34. Применение оценок для обучения вероятностных моделей линейной регрессии;
35. Выпукло-вогнутая процедура, примеры использования. Тема 5. Методы внутренней точки.
36. Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах условной оптимизации, условия Куна-Таккера и условия Джона, соотношение между ними;

37. Выпуклые задачи условной оптимизации, двойственная функция Лагранжа, двойственная задача оптимизации;
38. Решение задач условной оптимизации с линейными ограничениями вида равенство, метод Ньютона;
39. Прямо-двойственный метод Ньютона, неточный вариант метода;
40. Метод логарифмических барьерных функций;
41. Методы первой фазы;
42. Прямо-двойственный метод внутренней точки;
43. Использование методов внутренней точки для обучения SVM.
44. Разреженные методы машинного обучения
45. Метод наискорейшего субградиентного спуска;
46. Проксимальный метод
47. Методы отсекающих плоскостей.
48. Понятие отделяющего оракула, базовый метод отсекающих плоскостей (cutting plane);
49. Надграфная форма метода отсекающих плоскостей;
50. Bundle-версия метода отсекающих плоскостей, зависимость от настраиваемых параметров;
51. Применение bundle-метода для задачи обучения SVM;
52. Добавление эффективной процедуры одномерного поиска;
53. Реализация метода с использованием параллельных вычислений и в условиях ограничений по памяти.
54. Стохастическая оптимизация
55. Общая постановка задачи стохастической оптимизации, пример использования;
56. Задачи минимизации среднего и эмпирического риска;
57. Метод стохастического градиентного спуска, две фазы итерационного процесса, использование усреднения и инерции;
58. Стохастический градиентный спуск как метод оптимизации и как метод обучения;
59. Метод SAG;
60. Применение стохастического градиентного спуска для SVM (алгоритм PEGASOS).

### **Практическая работа № 1. Построение и обучение моделей машинного обучения с использованием TensorFlow**

Загрузить исходные данные и с помощью библиотеки TensorFlow построить и обучить модели машинного обучения с учителем и без. Оценить качество построенных моделей. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 2. Построение и обучение моделей машинного обучения с использованием Keras**

Загрузить исходные данные и с помощью библиотеки Keras построить и обучить модели машинного обучения с учителем и без. Оценить качество построенных моделей. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 3. Оптимизационный подход в машинном обучении**

Реализовать задачу оптимизации по результатам построенных моделей. Реализовать Байесовскую оптимизацию посредством бинарной классификации. Выделить признаки через градацию отношений. Выделить признаки через отсечение ансамблей. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 4. Разреженные методы машинного обучения**

Построить модели линейной/логистической регрессии с регуляризациями  $L1$  и  $L1/L2$ . Проверить необходимое и достаточное условие экстремума для выпуклых негладких задач безусловной оптимизации. Реализовать метод наискорейшего субградиентного спуска, проксимальный метод и метод покоординатного спуска и блочной покоординатной оптимизации. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 5. Методы внутренней точки**

Проверить условия Куна-Таккера и условия Джона и соотношение между ними. Решить задачу условной оптимизации с линейными ограничениями вида равенство, метод Ньютона. Реализовать прямо-двойственный метод Ньютона, неточный вариант метода. Использовать методы внутренней точки для обучения SVM. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 6. Методы отсекающих плоскостей**

Реализовать базовый метод отсекающих плоскостей (cutting plane). Применить bundle-метода для задачи обучения SVM. Добавить эффективные процедуры одномерного поиска. Реализовать метод с использованием параллельных вычислений и в условиях ограничений по памяти. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 7. Методы оптимизации с использованием глобальных верхних оценок, зависящих от параметра**

Построить вероятностную модель линейной регрессии с различными регуляризациями: квадратичной,  $L1$ , Стьюдента. Применить метод для обучения LASSO. Построить глобальные оценки с помощью неравенства Йенсена, EM-алгоритм, применить для вероятностных моделей линейной регрессии. Подготовить отчет с выводами.

### **Практическая работа № 8. Стохастическая оптимизация**

Реализовать задачу минимизации среднего и эмпирического риска. Реализовать метод стохастического градиентного спуска, две фазы итерационного процесса, использование усреднения и инерции. Применить стохастический градиентный спуск для SVM (алгоритм PEGASOS). Подготовить отчет с выводами.



## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Текущий контроль знаний, умений и навыков проводится в форме тестирования и теоретическими вопросами. Оценка работ проводится по стобалльной шкале. Индивидуальные задачи, выполняемые каждым студентом на практике оцениваются по итогам защиты по аналогичной шкале. Ликвидация студентами текущих задолженностей производится также в форме выполнения индивидуальной задачи по соответствующей теме и дальнейшей ее защиты преподавателю кафедры с оценкой по стобалльной шкале.

Для получения экзамена необходимо набрать более 60%. Вид промежуточного контроля по данному направлению – экзамен.

Градация оценок:

0 – 60% - «неудовлетворительно»;

60 – 75 – «удовлетворительно»;

75 – 85 – «хорошо»;

85 – 100 – «отлично»

Формы контроля: тестовый контроль, индивидуальное собеседование, защита выполнения практического задания по индивидуальному варианту. В итоговую сумму баллов входят результаты всех контролируемых видов вашей деятельности – посещение занятий, выполнение заданий, прохождение тестов, активность на лабораторных занятиях и т.п.

В итоговый рейтинг входит: 30% - результат выполнения контрольных мероприятий (тест, самостоятельные работы и др.), 60% - баллы за сданные индивидуальные работы и 10% - посещение занятий.

При изучении каждого раздела дисциплины проводится промежуточный контроль знаний с целью проверки и коррекции хода освоения теоретического материала и практических умений и навыков.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература**

1. Воронина, В. В. Теория и практика машинного обучения : учебное пособие / В. В. Воронина. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 290 с. — ISBN 978-5-9795-1712-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165053>
2. Кудрявцев, Н. Г. Практика применения компьютерного зрения и элементов машинного обучения в учебных проектах : учебное пособие / Н. Г. Кудрявцев, И. Н. Фролов. — Горно-Алтайск : ГАГУ, 2022. — 180 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/271100>
3. Беликов, В. В. Применение методов машинного обучения и теории игр при решении задач в области информационной безопасности: Практикум :

учебное пособие / В. В. Беликов, С. В. Колесников. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 30 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240047>

4. Остроух, А. В. Системы искусственного интеллекта : монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-8519-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176662>

5. Data Science / Francesco Palumbo, Angela Montanari, Maurizio Vichi. Springer International Publishing AG, 2017 – Текст : электронный // Springer: электронно-библиотечная система. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-55723-6#editorsandaffiliations> (дата обращения: 27.11.2022).

## 7.2 Дополнительная литература

1. Бессмертный, И. А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум для вузов / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 243 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01042-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490020> (дата обращения: 27.11.2022).

2. New Advances in Statistics and Data Science / Ding-Geng, Chen Zhezhen, Jin Gang, Li Yi, Li Aiyi, Liu Yichuan, Zhao. Springer International Publishing AG, 2017 – Текст : электронный // Springer: электронно-библиотечная система. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-69416-0#editorsandaffiliations> (дата обращения: 27.11.2022).

3. Алексеев, Д. С. Технологии интеллектуального анализа данных : учебник для вузов / Д. С. Алексеев, О. В. Щекочихин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-8299-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187559>

4. Макшанов, А. В. Технологии интеллектуального анализа данных : учебное пособие / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 212 с. — ISBN 978-5-8114-4493-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206711>

## 7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Харитонова, А.Е. Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения: методические указания / А.Е. Харитонова. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 25 с.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. The R Project for Statistical Computing <https://www.r-project.org/> (открытый доступ)

2. The R Project for Statistical Computing <https://www.r-project.org/> (открытый доступ)
3. Анаконда. URL: <https://www.anaconda.com/distribution/>(открытый доступ)
4. Официальный сайт Росстата. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (открытый доступ)
5. Официальный сайт Центрального Банка России. URL: <http://www.cbr.ru> (открытый доступ)
6. Bureau of Economic Analysis. URL: <http://www.bea.gov> (открытый доступ)
7. Московская международная валютная биржа. <http://www.micex.ru> (открытый доступ)
8. Официальный сайт Всемирного банка . URL: <http://www.worldbank.org> (открытый доступ)
9. Официальный сайт Министерства финансов РФ. URL: <http://www.minfin.gov.ru> (открытый доступ)
10. Официальный сайт Национального бюро экономических исследований США. URL: <http://www.nber.org> (открытый доступ)

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Тема 1 Построение и обучение моделей машинного обучения Тема 2 Оптимизация моделей машинного обучения	R	расчётная	r-project	2022
2	Тема 1 Построение и обучение моделей машинного обучения Тема 2 Оптимизация моделей машинного обучения	RStudio	расчётная	r-project	2022
3	Тема 1 Построение и обучение моделей машинного обучения Тема 2 Оптимизация моделей машинного обучения	Anaconda	расчётная	Anaconda Enterprise	2022

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
<i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экран с электроприводом 1 шт. (Инв. №558771/2)</li> <li>2. Проектор 1 шт. (без инв. №) – приобретался не за счет средств вуза</li> <li>3. Вандалоустойчивый шкаф 1 шт. (Инв.№558850/7)</li> <li>4. Системный блок с монитором 1 шт. (Инв. №558777/9)</li> <li>5. Стенд «Сергеев Сергей Степанович 1910-1999» 1 шт. (Инв.№591013/25)</li> <li>6. Огнетушитель порошковый 1 шт. (Инв. №559527)</li> <li>7. Подвесное крепление к огнетушителю 1 шт. (Инв. № 559528)</li> <li>8. Жалюзи 2шт. (Инв. №1107-221225, Инв. №1107-221225)</li> <li>9. Лавка 20 шт.</li> <li>10. Стол аудиторный 20 шт.</li> <li>11. Стол для преподавателя 1 шт.</li> <li>12. Стул 2 шт.</li> <li>13. Доска маркерная 1 шт.</li> <li>14. Трибуна напольная 1 шт. (без инв. №)</li> </ol>
<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Системный блок Intel Core Intel Core i3-2100/4096Mb/500Gb/DVD-RW 10 шт. (Инв.№601997, Инв.№601998, Инв.№601999, Инв.№602000, Инв.№602001, Инв.№602002, Инв.№602003, Инв.№602004, Инв.№602005, Инв.№602006)</li> <li>2. Монитор 10 шт. (без инв. №) - приобретались не за счет средств вуза</li> <li>3. Шкаф 2 шт. (Инв.№594166, Инв.№594167)</li> <li>4. Тумба 1 шт. (Инв.№594168)</li> <li>5. Подвесное крепление к огнетушителю 1 шт. (Инв. № 559528)</li> <li>6. Огнетушитель порошковый 1 шт. (Инв. №559527)</li> <li>7. Жалюзи 1 шт. (Инв.№551557)</li> <li>8. Доска магнитно-маркерная 1 шт.</li> <li>9. Стол 5 шт.</li> <li>10. Стол компьютерный 12 шт.</li> <li>11. Стул офисный 21 шт.</li> <li>12. Сейф 1 шт. (без Инв.№).</li> </ol>
<i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трибуна напольная 1 шт. (Инв.№ 599205)</li> <li>2. Шкаф для документов 3 шт. (Инв.№593633, Инв.№593634, Инв.№559548/18)</li> <li>3. Вешалка напольная 2 шт. (Инв.№1107-333144, Инв.№1107-333144)</li> <li>4. Жалюзи 1 шт. (Инв.№591110)</li> <li>5. Доска магнитно-маркерная 1 шт.</li> <li>6. Стол 15 шт.</li> <li>7. Скамейка 14 шт.</li> <li>8. Стол эрго 1 шт.</li> <li>9. Стул 2 шт.</li> </ol>
<i>Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова</i>	Читальные залы библиотеки
<i>Студенческое общежитие</i>	Комната для самоподготовки

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Все виды учебных работ должны быть выполнены точно в сроки, предусмотренные программой обучения. Если студент не выполнил какое-либо из учебных заданий по неуважительной причине (пропустил тестовый контроль,

	9. Стул 2 шт.
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова	Читальные залы библиотеки
Студенческое общежитие	Комната для самоподготовки

## 11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Все виды учебных работ должны быть выполнены точно в сроки, предусмотренные программой обучения. Если студент не выполнил какое-либо из учебных заданий по неуважительной причине (пропустил тестовый контроль, не выполнили домашнего задания, выполнил работу не по своему варианту и т.п.), то за данный вид учебной работы баллы рейтинга не начисляются, а подготовленные позже положенного срока работы оцениваются с понижающим коэффициентом. Если же невыполнение учебных работ произошло по уважительной причине, то следует представить преподавателю подтверждающий документ, и защитить пропущенные занятия в часы, отведенные для еженедельных консультаций.

### Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший занятия обязан выполнить самостоятельно индивидуальную работу, выполняемую на занятиях по своему варианту.

## 12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Курс должен давать не абстрактно-формальные, а прикладные знания. Данная цель может быть реализована только при условии соблюдения в учебных планах преемственности учебных дисциплин. Базовые знания для изучения дисциплины дают такие предметы, как экономическая теория, информатика.

Преподаватель должен указывать, в какой последовательности следует изучать материал дисциплины, обращать внимание на особенности изучения отдельных тем и разделов, помогать отбирать наиболее важные и необходимые сведения из учебных пособий, а также давать объяснения вопросам программы курса, которые обычно вызывают затруднения. При этом преподавателю необходимо учитывать следующие моменты:

1. Не следует перегружать студентов творческими заданиями.
2. Чередовать творческую работу на занятиях с заданиями во внеаудиторное время.
3. Давать студентам четкий инструктаж по выполнению самостоятельных заданий: цель задания; условия выполнения; объем; сроки; требования к оформлению.
4. Осуществлять текущий учет и контроль за самостоятельной работой.
5. Давать оценку обобщать уровень усвоения навыков самостоятельной, творческой работы.

### Программу разработал (и):

Харитонов А.Е., к.э.н., доцент

  
\_\_\_\_\_ (подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.ДВ.07.02 «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения»

ОПОП ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», направленность «Большие данные и машинное обучение (Machine Learning & Big Data)»

(квалификация выпускника – бакалавр)

Колосеева Елена Сергеевна, доцент кафедры финансов ФГБОУ ВО г. Москвы «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом экономических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» ОПОП ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», направленность «Большие данные и машинное обучение (Machine Learning & Big Data)» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре статистики и кибернетики (разработчик – Харитоновна Анна Евгеньевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры статистики и кибернетики).

Рассмотрев представленные на рецензирование материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений учебного цикла – Б1.В.ДВ.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» закреплено **2 компетенции (5 индикаторов)**. Дисциплина «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» составляет 3 зачётных единицы (108 часов/из них практическая подготовка 4 ч.).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и участие в деловых играх), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений учебного цикла – Б1.В.ДВ ФГОС ВО направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 5 наименований, Интернет-ресурсы – 10 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

13. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения».

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Построение, обучение и оптимизация моделей машинного обучения» ОПОП ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», направленность «**Большие данные и машинное обучение (Machine Learning & Big Data)**» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Харитоновой А. Е., к.э.н., доцентом кафедры статистики и кибернетики, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Коломеева Е.С., доцент кафедры финансов ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат экономических наук \_\_\_\_\_ « 26 » \_\_\_\_\_ 01 2022 г.

(подпись)