

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО  
Директор института  
Магистратуры  
И. В. Ярмоленко  
« 20 » 05 20 21 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
А. В. Белоусов  
« 20 » 05 20 21 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины (модуля)**

Методы машинного обучения

Направление подготовки (специальность):

15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы (профиль, специализация):

Интеллектуальные робототехнические системы и комплексы

Квалификация:

магистр

Форма обучения

очная


Институт Магистратуры

Кафедра Технической кибернетики

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 Мехатроника и робототехника (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023 от 14 августа 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 20 21 году.

Составитель (составители):

\_\_\_\_\_ (ученая степень и звание)       (подпись)      А. А. Степовой (инициалы, фамилия)

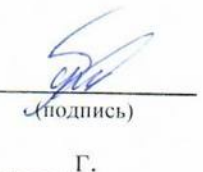
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
« 14 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 20 21 \_\_\_\_\_ г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)  
Технической кибернетики  
(наименование кафедры/кафедр)


Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

« 14 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 20 21 \_\_\_\_\_ г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института  
« 20 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 20 21 \_\_\_\_\_ г., протокол № 9

Председатель:

канд. техн. наук, доц. (ученая степень и звание)       (подпись)      А. Н. Семернин (инициалы, фамилия)

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО  
Директор института  
магистратуры  
  
И. В. Ярмоленко  
« 20 » 05 20 21 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
  
А. В. Белоусов  
« 20 » 05 20 21 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины (модуля)**

Методы машинного обучения

Направление подготовки (специальность):

15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы (профиль, специализация):

Интеллектуальные робототехнические системы и комплексы

Квалификация:

магистр

Форма обучения

очная

Институт Магистратуры

Кафедра Технической кибернетики



Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 Мехатроника и робототехника (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023 от 14 августа 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 20 21 году.

Составитель (составители):

\_\_\_\_\_ (ученая степень и звание)       (подпись)      А. А. Степовой (инициалы, фамилия)

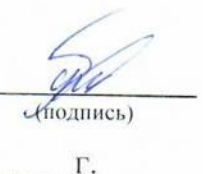
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
« 14 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 20 21 \_\_\_\_\_ г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)  
Технической кибернетики  
(наименование кафедры/кафедр)


Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

« 14 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 20 21 \_\_\_\_\_ г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института  
« 20 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 20 21 \_\_\_\_\_ г., протокол № 9

Председатель:

канд. техн. наук, доц. (ученая степень и звание)       (подпись)      А. Н. Семернин (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	<p>ПК-1. Способен разрабатывать модули мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики и методов искусственного интеллекта</p>	<p>ПК-1.4. Применяет методы машинного обучения для создания мехатронных модулей</p>	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> современные методы машинного обучения; возможности, условия применимости и свойства наиболее распространенных методов машинного обучения; классы задач, решаемых с помощью алгоритмов машинного обучения; методы предварительной обработки данных; методы отбора информативных признаков; основные подходы практического применения методов машинного обучения для разработки модулей мехатронных и робототехнических систем и их подсистем;</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать модели машинного обучения; анализировать, выделять особенности и комбинировать методы машинного обучения; применять на практике методы машинного обучения для создания систем управления, навигации и диагностики робототехнических систем; применять на практике методы машинного обучения при проектировании информационного обеспечения систем управления и анализа данных робототехнических комплексов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками конструирования моделей машинного обучения; навыками проверки качества моделей машинного обучения; базовым инструментарием машинного обучения; программными средствами для разработки алгоритмов машинного обучения;</p>

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	ПК-2. Способен разрабатывать и отлаживать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных, робототехнических и гибких производственных системах, а также для их проектирования	ПК-2.4. Разрабатывает и отлаживает новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных, робототехнических и гибких производственных системах, а также для их проектирования с применением методов машинного обучения	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные современные математические и алгоритмические инструменты машинного обучения; типовые решения, библиотеки программных модулей, шаблоны, классы объектов, используемые при разработке программного обеспечения; методы и средства проектирования программного обеспечения при реализации методов машинного обучения</p> <p><b>Уметь:</b> использовать готовые библиотеки машинного обучения; разрабатывать математические и программные инструменты машинного обучения и анализа данных; использовать различные программные системы для построения и эксплуатации моделей машинного обучения</p> <p><b>Владеть:</b> программными средствами для разработки алгоритмов машинного обучения; навыками эксплуатации программных пакетов машинного обучения и интеллектуального анализа данных;</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1.** Способен разрабатывать модули мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики и методов искусственного интеллекта.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Методы машинного обучения
2	Системы технического зрения и обработка изображений в робототехнике
3	Интеллектуальные робототехнические комплексы

**1. Компетенция ПК-2.** Способен разрабатывать и отлаживать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных, робототехнических и гибких производственных системах, а также для их проектирования

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Специализированное программное обеспечение робототехнических систем
2	Параллельные вычисления и многопоточное программирование
3	Программирование систем реального времени
3	Методы машинного обучения
4	Распределенные информационно-управляющие системы
5	Распределенные робототехнические системы
6	Программное обеспечение и системные функции контроллеров

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часов.  
Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:</b>	<b>71</b>	<b>71</b>
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>73</b>	<b>73</b>
курсовой проект	-	-
курсовая работа	-	-
расчетно-графическое задание	-	-
индивидуальное домашнее задание	-	-
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	73	73
экзамен	-	-



## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Введение в машинное обучение</b>					
	Введение в предметную область. Виды обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением, с частичным привлечением учителя. Основные типы задач: задача классификации, задача регрессии (восстановления регрессии), задача кластеризации, задача прогнозирования, задача ранжирования, поиска ассоциаций. Основные понятия: методы обучения, функция потерь и функционал качества, переобучение, обобщающая способность. Основные проблемы машинного обучения: недостаточный объем обучающей выборки, пропуски в данных, переобучение. Практические сферы применения методов машинного обучения.	4	-	-	4
<b>2. Решение задачи классификации</b>					
	Постановка задачи классификации, обзор основных методов ее решения. Бинарная и многоклассовая классификация. Метрики качества классификации (точность/специфичность, ROC-кривая, площадь под кривой). Функция потерь (ошибок классификации). Метрические методы классификации. Линейная классификация. Методы наибольшего правдоподобия. Метод kNN. Метод опорных векторов. Метод потенциальных функций, градиентный алгоритм.	4		5	9
<b>3. Решение задачи кластеризации</b>					
	Постановка задачи кластеризации. Обзор алгоритмов кластеризации. Кластеризация как классификация без учителя. Меры сходства и меры различия образов. Критерии качества кластеризации. Итеративная оптимизация разбиения на кластеры. Статистические, эвристические методы кластеризации. Плоские методы кластеризации. Методы k-means, k-means++, ISODATA, FOREL, t-SNE. DBSCAN, PCA, Fuzzy C-means. Графовые методы. Иерархическая кластеризация.	4		5	10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>4.Метод регрессии и метод главных компонент</b>					
	Постановка задачи регрессии. Метод наименьших квадратов (МНК). Аналитическое и численное решение задачи МНК. Модификации метода наименьших квадратов. Модель линейной регрессии и ее обобщения. Нелинейная регрессионная модель. Многомерная регрессия, проблема мультиколлинеарности. Логистическая регрессия. Логистическая регрессия как линейный классификатор. Непараметрическая регрессия (ядерное сглаживание). Контроль качества модели для задачи регрессии. Измерение ошибки в задачах регрессии (MSE, RMSE, MAE, R2). Метод главных компонент. Понижение размерностей. Сингулярное разложение. Решение проблемы переобучения: L1- регуляризация (Lasso), L2- Регуляризация (гребневая регрессия), эластичная сеть. Настройка гиперпараметров алгоритма с помощью n-кратной перекрестной проверки. Отбор признаков, коллинеарность, влиятельные наблюдения, анализ остатков. L1 и L2 регуляризация. Разделение данных на обучающие и тестовые. Нормировка данных. Определение переобученности модели.	4	-	5	10
<b>5.Древовидные модели</b>					
	Древовидные модели: деревья и списки решений (решающие деревья), случайный лес (Random Forest). Этапы построения дерева решений, выбор критерия точности прогноза, типа ветвления. Обучение дерева решений. Переобучение решающих деревьев. Метрики ветвления на основе прироста информации (алгоритм ID3), нормализованного прироста информации (алгоритм C4.5), индекса Джини (алгоритм CART). Правила разбиения. Механизм отсекающего дерева. Критерии останова алгоритма (минимальное число объектов, при котором выполняется расщепление, минимальное число объектов в листьях, максимальная глубина деревьев. Обработка пропущенных значений, стрижка, регуляризация.	4	-	4	8
<b>6.Ансамбли моделей (композиции алгоритмов).</b>					
	Бэггинг, случайный лес как пример бэггинга. Бэггинг линейных классификаторов. Бустинг. Adaboost для ансамбля из простых деревьев (пней). Сравнение результатов бустинга для слабых и сильных моделей.	4	-	5	10
<b>7.Вероятностные алгоритмы. Байесовские методы машинного обучения.</b>					

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	<p>Оптимальный байесовский классификатор. Задача восстановления плотности распределения. Наивный байесовский классификатор. Непараметрическая оценка плотности. Нормальный дискриминантный анализ. Разделение смеси распределений. EM-алгоритм. Наивный байесовский классификатор, его связь с линейными моделями. Параметрическое и непараметрическое оценивание плотности. Понятие об алгоритмах, выдающих вероятности. Байесовский классификатор. Контроль качества модели, выдающей вероятности.</p>	4	-	4	8
<b>8.Искусственные нейронные сети.</b>					
	<p>Модель нейрона. Многослойный перцептрон. Метод обратного распространения ошибки. Задача исключяющего "или". Основные архитектуры нейронных сетей. Свёрточные нейронные сети. Рекуррентные нейронные сети. Вычислительные возможности двух и трехслойных сетей. Машина Больцмана, машина Гемгольца и алгоритмы их обучения. Нейронные сети Кохонена. Сеть радиально-базисных функций. Алгоритмы глубокого обучения.</p>	6	-	6	14
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>73</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины (в соответствии с п.4.1)	Тема лабораторного занятия	Колич. часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<i>семестр №2</i>				
1.	2	Реализация классификации с помощью Python	5	5
2.	3	Реализация кластеризации с помощью Python	5	5
3.	4	Реализация регрессионных моделей и	5	5

		метода главных компонент с помощью Python		
4.	5	Реализация древовидных моделей машинного обучения с помощью Python	4	4
5.	6	Реализация ансамблей моделей с помощью Python	5	5
6.	7	Реализация вероятностных алгоритмов машинного обучения с помощью Python	4	4
7.	8	Применение искусственных нейронных сетей для решения задач машинного обучения с помощью Python и библиотеки TensorFlow.	6	6
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>

#### 4.4. Содержание курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ПК-1.** Способен разрабатывать модули мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики и методов искусственного интеллекта

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.4. Применяет методы машинного обучения для создания мехатронных модулей	Защита лабораторных работ, дифференцированный зачет.

**2. Компетенция ПК-2.** Способен разрабатывать и отлаживать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных, робототехнических и гибких производственных системах, а также для их проектирования

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.4. Разрабатывает и отлаживает новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных, робототехнических и гибких производственных системах, а также для их проектирования с применением методов машинного обучения	Защита лабораторных работ, дифференцированный зачет.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для дифференцированного зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в машинное обучение	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Сущность и этапы анализа данных с помощью методов машинного обучения.</li><li>2. Классификация методов машинного обучения.</li><li>3. Основные проблемы машинного обучения.</li><li>4. Основные типы задач машинного обучения.</li><li>5. Основные понятия теории машинного обучения.</li></ol>
2	Решение задачи классификации	<ol style="list-style-type: none"><li>6. Постановка задачи классификации, обзор основных методов ее решения.</li><li>7. Бинарная и многоклассовая классификация.</li><li>8. Метрики качества классификации (точность/специфичность, ROC-кривая, площадь под кривой).</li><li>9. Функция потерь (ошибок классификации).</li><li>10. Метрические методы классификации.</li><li>11. Линейная классификация. Методы наибольшего правдоподобия.</li><li>12. Метод kNN.</li><li>13. Метод опорных векторов.</li><li>14. Метод потенциальных функций, градиентный алгоритм.</li></ol>
3	Решение задачи кластеризации	<ol style="list-style-type: none"><li>15. Постановка задачи кластеризации. Обзор алгоритмов кластеризации.</li><li>16. Меры сходства и меры различия образов. Критерии качества кластеризации.</li><li>17. Статистические, эвристические методы кластеризации.</li><li>18. Плоские методы кластеризации.</li><li>19. Методы k-means, k-means++, Fuzzy C-means,</li><li>20. Методы ISODATA, FOREL, t-SNE.</li><li>21. Методы DBSCAN, PCA.</li><li>22. Графовые методы. Иерархическая кластеризация.</li></ol>
4	Метод регрессии и метод главных компонент	<ol style="list-style-type: none"><li>23. Постановка задачи регрессии. Метод наименьших квадратов (МНК).</li><li>24. Аналитическое и численное решение задачи МНК. Модификации метода наименьших квадратов.</li><li>25. Модель линейной регрессии и ее обобщения.</li><li>26. Нелинейная регрессионная модель.</li><li>27. Многомерная регрессия, проблема мультиколлинеарности.</li><li>28. Логистическая регрессия. Логистическая регрессия как линейный классификатор.</li><li>29. Непараметрическая регрессия (ядерное сглаживание).</li><li>30. Контроль качества модели для задачи регрессии. Измерение ошибки в задачах регрессии (MSE, RMSE, MAE, R2).</li><li>31. Метод главных компонент. Понижение размерностей.</li></ol>
5	Древовидные модели	<ol style="list-style-type: none"><li>32. Древовидные модели: деревья и списки решений</li></ol>

		<p>(решающие деревья), случайный лес (Random Forest).</p> <p>33. Этапы построения дерева решений, выбор критерия точности прогноза, типа ветвления. Обучение дерева решений. Переобучение решающих деревьев.</p> <p>34. Метрики ветвления на основе прироста информации (алгоритм ID3), нормализованного прироста информации (алгоритм C4.5), индекса Джини (алгоритм CART).</p> <p>35. Правила разбиения. Механизм отсечения дерева. Критерии останова алгоритма</p> <p>36. Обработка пропущенных значений, стрижка, регуляризация.</p>
6	Ансамбли моделей (композиции алгоритмов)	<p>37. Бэггинг, случайный лес как пример бэггинга. Бэггинг линейных классификаторов.</p> <p>38. Бустинг. Adaboost для ансамбля из простых деревьев (пней). Сравнение результатов бустинга для слабых и сильных моделей. Градиентный бустинг.</p>
7	Вероятностные алгоритмы. Байесовские методы машинного обучения	<p>39. Оптимальный байесовский классификатор.</p> <p>40. Задача восстановления плотности распределения.</p> <p>41. Наивный байесовский классификатор.</p> <p>42. Нормальный дискриминантный анализ.</p> <p>43. Разделение смеси распределений. EM-алгоритм.</p> <p>44. Параметрическое и непараметрическое оценивание плотности.</p> <p>45. Контроль качества модели, выдающей вероятности.</p>
8	Искусственные нейронные сети	<p>46. Модель нейрона. Многослоный перцептрон. Метод обратного распространения ошибки. Задача исключяющего "или".</p> <p>47. Основные архитектуры нейронных сетей.</p> <p>48. Свёрточные нейронные сети.</p> <p>49. Рекуррентные нейронные сети.</p> <p>50. Нейронные сети Кохонена.</p> <p>51. Сеть радиально-базисных функций.</p> <p>52. Алгоритмы глубокого обучения.</p>

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.



№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1	Реализация классификации с помощью Python	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите общую постановку задачи классификации.</li> <li>2. В чем отличие задачи классификации от задачи кластеризации.</li> <li>3. Приведите основные методы решения задачи классификации.</li> <li>4. Приведите основные формулы и описание метрик качества классификации</li> <li>5. В чем заключается сущность метода максимального правдоподобия.</li> <li>6. Реализуйте максимального правдоподобия на Python</li> <li>7. Опишите сущность метода k-ближайших соседей.</li> <li>8. Запишите алгоритм K-ближайших соседей на Python с помощью библиотеки Scikit-Learn.</li> <li>9. Изложите общую идею метода опорных векторов.</li> <li>10. Приведите реализацию метода опорных векторов на Python с помощью библиотеки Scikit-Learn.</li> <li>11. Расскажите о методе потенциальных функций.</li> </ol>
2	Реализация кластеризации с помощью Python	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите общую постановку задачи кластеризации.</li> <li>2. В чем отличие задачи классификации от задачи классификации.</li> <li>3. Приведите основные методы решения задачи кластеризации.</li> <li>4. Приведите меры сходства и меры различия образов.</li> <li>5. В чем заключается сущность статистических методов кластеризации.</li> <li>6. Назовите основные статистические методы кластеризации и их основную идею.</li> <li>7. Назовите основные эвристические методы кластеризации и их основную идею.</li> <li>8. Приведите реализацию одного из методов: k-means, k-means++, Fuzzy C-means, ISODATA, FOREL, t-SNE, DBSCAN, PCA с помощью Python и библиотек машинного обучения. Опишите сущность реализованного метода.</li> </ol>
3	Реализация регрессионных моделей и метода главных компонент с помощью Python	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите общую постановку задачи регрессии.</li> <li>2. В чем заключается метод наименьших квадратов (МНК)?</li> <li>3. Опишите одну из моделей регрессии (линейной, нелинейной, логистической, непараметрической).</li> <li>4. С помощью каких метрик осуществляется контроль качества модели для задачи регрессии? Приведите формулы.</li> <li>5. Приведите реализацию метод главных компонент на Python с помощью библиотеки Scikit-Learn</li> </ol>
4	Реализация древовидных моделей машинного обучения с помощью Python	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите теоретические аспекты методов построения деревьев решений.</li> <li>2. Приведите этапы построения дерева решений</li> <li>3. Опишите один из алгоритмов построения деревьев решений (Алгоритм ID3, Алгоритм CART, Алгоритм C4.5).</li> <li>4. Приведите реализацию алгоритма построения деревьев решений на Python с помощью библиотеки Scikit-Learn.</li> </ol>

5	Реализация ансамблей моделей с помощью Python	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем заключается основная идея ансамблевых методов?</li> <li>2. Опишите сущность алгоритма Бэггинг.</li> <li>3. Опишите сущность алгоритма. Бустинг.</li> <li>4. Реализуйте классификатор AdaBoost на Python с помощью библиотеки Scikit-Learn</li> </ol>
6	Реализация вероятностных алгоритмов машинного обучения с помощью Python	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Приведите пример построения наивного байесовского классификатора</li> <li>2. В чем заключается задача восстановления плотности распределения.?</li> <li>3. Приведите основные итерации EM-алгоритма.</li> </ol>
7	Применение искусственных нейронных сетей для решения задач машинного обучения с помощью Python и библиотеки TensorFlow.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изобразите модель формального нейрона.</li> <li>2. Опишите основные шаги метод обратного распространения ошибки.</li> <li>3. Какие основные архитектуры нейронных сетей вы знаете?</li> <li>4. Опишите основной принцип работы одной из архитектур нейронных сетей (свёрточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, нейронные сети Кохонена, сеть радиально-базисных функций.)</li> <li>5. Запишите на языке Python основные методы библиотеки TensorFlow для построения нейронной сети. Какие параметры они принимают?</li> </ol>

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, классификаций, современных методов машинного обучения, основных принципов в области машинного обучения
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение анализировать, выделять особенности, комбинировать, и разрабатывать модели машинного обучения
	Умение применять на практике методы машинного обучения для создания систем управления, навигации, диагностики робототехнических систем и анализа данных робототехнических комплексов
	Умение разрабатывать математические и программные инструменты машинного обучения и анализа данных с применением готовых библиотек машинного обучения
	Умение использовать различные программные системы для построения и эксплуатации моделей машинного обучения

Навыки	Владеть навыками конструирования моделей машинного обучения и проверки их качества
	Владеть базовым инструментарием машинного обучения для решения задач проектирования мехатронных и роботизированных систем

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, современных методов машинного обучения, основных принципов в области машинного обучения	Не знает терминов, классификаций, современных методов машинного обучения, основных принципов в области машинного обучения	Знает термины, классификации, современные методы машинного обучения, но допускает неточности формулировок	Знает термины, классификации, современные методы машинного обучения, основных принципы в области машинного обучения	Знает термины, классификации, современные методы машинного обучения, основных принципы в области машинного обучения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение анализировать, выделять особенности, комбинировать, и разрабатывать модели машинного обучения	Не умеет анализировать, выделять особенности, комбинировать, и разрабатывать модели машинного обучения	Умеет разрабатывать только отдельные простые модели машинного обучения	Умеет анализировать, выделять особенности, комбинировать, и разрабатывать большинство моделей машинного обучения	Умеет анализировать, выделять особенности, комбинировать, и разрабатывать все современные модели машинного обучения
Умение применять на практике методы машинного обучения для создания систем управления, навигации, диагностики робототехнических систем и анализа данных робототехнических комплексов	Не умеет применять на практике методы машинного обучения для создания систем управления, навигации, диагностики робототехнических систем и анализа данных робототехнических комплексов	Умеет применять на практике отдельные простые методы машинного обучения для решения задач в области робототехники	Умеет применять на практике большинство методов машинного обучения для решения задач в области робототехники	Умеет применять на практике все современные методы машинного обучения для решения задач в области робототехники
Умение разрабатывать математические и программные инструменты машинного обучения и анализа данных с применением готовых библиотек машинного обучения	Не умеет разрабатывать математические и программные инструменты машинного обучения и анализа данных с применением готовых библиотек машинного обучения	Умеет разрабатывать отдельные программные методы математических и программных инструментов машинного обучения и анализа данных с применением готовых библиотек машинного обучения	Умеет разрабатывать простые математические и программные инструменты машинного обучения и анализа данных с применением готовых библиотек машинного обучения	Умеет разрабатывать математические и программные инструменты машинного обучения и анализа данных с применением готовых библиотек машинного обучения
Умение использовать различные программные системы для построения и эксплуатации моделей машинного обучения	Не умеет использовать различные программные системы для построения и эксплуатации моделей машинного обучения	Умеет использовать отдельные возможности различных программных систем для построения и эксплуатации моделей машинного обучения	Умеет использовать базовые возможности различных программных систем для построения и эксплуатации моделей машинного обучения	Умеет использовать все необходимые возможности различных программных систем для построения и эксплуатации моделей машинного обучения

обучения				ного обучения
----------	--	--	--	---------------

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками конструирования моделей машинного обучения и проверки их качества	Не владеет навыками конструирования моделей машинного обучения и проверки их качества	Имеет слабые навыки конструирования моделей машинного обучения и проверки их качества	Владеет базовыми навыками конструирования моделей машинного обучения и проверки их качества	Владеет охватываемыми учебной программой методами конструирования моделей машинного обучения и проверки их качества
Владеть базовым инструментарием машинного обучения для решения задач проектирования мехатронных и роботизированных систем	В принципе не понимает как использовать инструментарий машинного обучения для решения задач проектирования мехатронных и роботизированных систем	Имеет поверхностное представление о том как использовать инструментарий машинного обучения для решения задач проектирования мехатронных и роботизированных систем	Владеет базовым инструментарием машинного обучения для решения несложных задач проектирования мехатронных и роботизированных систем в целом или отдельных узлов и агрегатов	Владеет базовым инструментарием машинного обучения для решения задач проектирования мехатронных и роботизированных систем в целом или отдельных узлов и агрегатов

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория теории автоматического управления и моделирования средств управления УК 4, № 231	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, экран, ноутбук; проектор с переносным экраном; 6 персональных компьютеров с доступом в сеть Интернет; стенд для исследования мобильных роботов, шкаф автоматизации лабораторной установки для изучения САР уровня
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
3	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	MathWorks	Лицензия №1145851 бессрочная
5	MSC Easy5, Patran, Nastran, Adams	Соглашение RE008959BST-1 от 26.11.2018 бессрочная
6	Интерпретатор языка python с установленными библиотеками matplotlib, mglearn, Jupyter Notebook, pandas, SciPy, NumPy, scikit-learn, TensorFlow.	свободно распространяемое программное обеспечение
7	Google Collab	свободно распространяемое программное обеспечение

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989
2. Бринк Х., Ричардс Дж, Феверолф М. Машинное обучение. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»). ISBN 978-5-496-02989-6
3. Вапник В. Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука, 1979
4. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974
5. Воронцов К.В. Математические методы обучения по прецедентам. Курс лекций. Москва, ВЦ РАН, 2005. <http://ww.cas.ru/voron/teaching.html>
6. Джонс, М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях [Электронный ресурс] / М. Тим Джонс ; Пер. с англ. А. И. Осипов. - 2-е изд. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 312 с.: ил. - ISBN 978-5-94074-746-8. <http://znanium.com/bookread2.php?book=410211>
7. Мамедьяров ; пер. с англ. М. Белоголовского. – Москва : Альпина Паблишер, 2020. – 224 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL:



- <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=598235>. – ISBN 978-5-9614-3170-4. – Текст : электронный.
8. Коэльо, Л.П. Построение систем машинного обучения на языке Python [Электронный ресурс] / Л.П. Коэльо, В. Ричарт ; пер. с англ. Слинкин А. А.. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 302 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82818>
  9. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. – М: ООО «ИД Вильямс», 2017. – 480 с.: ил. – (Серия «O'Reilly»). ISBN 978-5-9908910-8-1
  10. Неделько, В. М. Основы статистических методов машинного обучения: учебное пособие / В. М. Неделько. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. - 72 с. - ISBN 978-5-7782-1385-2. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/45418.html>
  11. Павлова, А. И. Информационные технологии: основные положения теории искусственных нейронных сетей: учебное пособие / А. И. Павлова. - Новосибирск : Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», 2017. - 191 с. - ISBN 978-5-7014-0801-0. - Текст: электронный // Электроннобиблиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/87110.html>
  12. Плас Дж. Вандер. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 576 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O'Reilly»). ISBN 978-5-496-03068-7
  13. Рашка, С. Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения [Электронный ресурс] : руководство / С. Рашка ; пер. с англ. Логунова А.В.. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 418 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100905>
  14. Саттон, Р. С. Обучение с подкреплением [Электронный ресурс] / Р. С. Саттон, Э. Г. Барто ; пер. с англ. - Эл. изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 399 с.: ил. - (Адаптивные и интеллектуальные системы). - ISBN 978-5-9963-1349-5. <http://e.lanbook.com/view/book/4405/>
  15. Теория и практика машинного обучения: учебное пособие / В. В. Воронина, А. В. Михеев, Н. Г. Ярушкина, К. В. Святков. - Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2017. - 291 с. - ISBN 978-5-9795-1712-4. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/106120.html>
  16. Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных [Электронный ресурс] / П. Флах. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2015. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/69955>

17. Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Электронный ресурс] / Л. Шапиро, Дж. Стокман; пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 752 с.: ил. - (Лучший зарубежный учебник). - ISBN 978-5-9963-1312-9. <http://e.lanbook.com/view/book/42631/>

Перечень дополнительной литературы:

1. Rashi Desai Топ-10 библиотек Python для Data Science. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: - Режим доступа: URL: <https://towardsdatascience.com/top-10-pythonlibraries-for-data-science-cd82294ec266> .
2. Scikit-learn. Машинное обучение на Python. - Режим доступа: URL: <https://scikitlearn.org/>
3. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / Под общ. ред. В.Б. Новосельцева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. – 128 с. ISBN 5-89503-285-0
4. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 176 с: ил. — (Прикладные информационные технологии). ISBN 5-279-02757-X
5. Бринк Х., Ричардс Д., Феверолф М. Машинное обучение. -СПб.: Питер, 2017. -336 с.:
6. Волкова, М. А. Семенова, Е. С. Четвертакова, С. С. Вожов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 74 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576496>. – Библиогр.: с. 48. – ISBN 978-5-7782-3183-2. – Текст :электронный.
7. Вьюгин, В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Вьюгин. — Электрон. дан. — Москва : МЦНМО, 2013. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56397>
8. Информационные аналитические системы [Электронный ресурс] : учебник / Т. В. Алексеева, Ю. В. Амириди, В. В. Дик и др.; под ред. В. В. Дика. - М.: МФПУ Синергия, 2013. - 384 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=451186> Программа дисциплины "Машинное обучение"; 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии; ассистент, к.н. Разинков Е.В.
9. Кук, Д. Машинное обучение с использованием библиотеки H2O [Электронный ресурс] / Д. Кук ; пер. с англ. Огурцова А.Б.. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 250 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/97353>
10. Куприянов М. С., Барсегян, А. А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP [Электронный ресурс] / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. - 384 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=489445>
11. Маккинли У. (пер. с англ. Слинкина А.А.), Python и анализ данных // Издательство “ДМК Пресс”, 2015, 482 с.

12. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными // Вильямс, 2017, 480 с.
13. Плас Дж. Вандер Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 576 с.
14. Программные системы статистического анализа: обнаружение закономерностей в данных с использованием системы R и языка Python : [16+] / В. М.
15. Ракитский, А. А. Методы машинного обучения: учебно-методическое пособие / А. А. Ракитский. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. - 32 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/90591.html>.
16. Саммерфилд М. Программирование на Python 3. Подробное руководство. - Пер. с англ. - СПб.: Символ-Плюс, 2009. - 608 с, ил. ISBN: 978-5-93286-161-5
17. Сараев, П. В. Методы машинного обучения: методические указания и задания к лабораторным работам по курсу / П. В. Сараев. - Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. - 48 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/83183.html>.
18. Силен Дэви, Мейсман Арно, Али Мохамед. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. - СПб.: Питер, 2017. - 336 с.
19. Шарден, Б. Крупномасштабное машинное обучение вместе с Python [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. Шарден, Л. Массарон, А. Боскетти ; пер. с англ. А. В. Логунова. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 358 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10583>

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов**

1. <http://www.elibrary.ru>- Научная электронная библиотека
2. <http://www.gpntb.ru>- Государственная публичная научно-техническая библиотека России
3. <http://elibrary.bmstu.ru> – Библиотека МГТУ им. Н.Баумана
4. <http://www.viniti.ru> – Всероссийский институт научной информации по техническим наукам(ВИНИТИ)
5. <http://www.unilib.neva.ru/rus/>- Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
6. <http://elibrary.eltech.ru> – Библиотека Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета
7. <http://www.ntb.bstu.ru> и переход к системе NormaCS - Электронно-библиотечная система БГТУ им В.Г.Шухова
8. <http://scholar.google.com/> – научный Google, со всеми его гигантскими достоинствами и определенными маркетинговыми особенностями.

9. Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных – <http://www.machinelearning.ru/>
10. Машинное обучение и анализ данных | Coursera – <https://ru.coursera.org/specializations/machine-learning-data-analysis>
11. Python 3 для начинающих – <https://pythonworld.ru/>
12. Официальный сайт разработчиков интерпретатора языка Python – <https://www.python.org/>
13. Визуальный исполнитель кода для языков программирования Python, Java, C, C++, JavaScript, and Ruby – <http://pythontutor.com/>
14. Видео-лекции курса "Машинное обучение" от Yandex – <https://yandexdataschool.ru/edu-process/courses/machine-learning>
15. Научный портал по математическим наукам - <http://www.mathnet.ru>
16. Портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>
17. Портал статей по применению ИТ и машинному обучению - [http://habrahabr.ru/hub/machine\\_learning/](http://habrahabr.ru/hub/machine_learning/)
18. Профессиональный интернет-ресурс по машинному обучению - <http://www.machinelearning.ru/>
19. А.Мюллер, С.Гвидо - Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными – 2017 электронный ресурс свободного доступа: <https://owlweb.ru/wp-content/uploads/2017/06/a.myuller-s.gvido-vvedenie-v-mashinnoeobuchenie-s-pomoshhyu-python.-rukovodstvo-dlya-specialistov-po-rabote-s-dannymi-2017.compressed-1.pdf>
20. Машинное обучение (курс лекций, К.В.Воронцов) [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное обучение \(курс лекций, К.В.Воронцов\)](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций,_К.В.Воронцов))
21. <https://www.kaggle.com/> - онлайн платформа для проектов в области науки о данных
22. UCI Machine Learning Repository — репозиторий наборов данных для машинного обучения - <http://archive.ics.uci.edu/ml/>
23. Ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных. - <http://machinelearning.ru>
24. Открытый курс машинного обучения [https://habr.com/company/ods/blog/322626/Курс «Машинное обучение» на портале «Электронный университет ВГУ», автор Каширина И.Л.](https://habr.com/company/ods/blog/322626/Курс_«Машинное_обучение»_на_портале_«Электронный_университет_ВГУ»,_автор_Каширина_И.Л.) <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=3579>
25. UCI Machine Learning Repository — репозиторий наборов данных для выполнения лабораторных работ по курсу машинного обучения - <http://archive.ics.uci.edu/ml/>

26. IPRbooks [Электронный ресурс]: Электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. – Яз. рус., англ.
27. Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс]: Электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>. – Яз. рус., англ.
28. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный.

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
подпись ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
подпись ФИО