

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
*Математических методов исследования операций*  
Азарнова Т.В.  
21.06.2021



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.12.01 Практикум по машинному обучению**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

**38.03.05 Бизнес-информатика**

**2. Профиль подготовки/специализация:**

**Архитектура предприятий**

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Математических методов исследования операций

**6. Составители программы:** Замятин Игорь Викторович, к. ф.-м. наук

**7. Рекомендована:** НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол №9 от 24.05.2019. НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол № 10 от 15.06.2021

**8. Учебный год:** 2021/2022

**Семестр(ы):** 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью курса является ознакомление будущих специалистов в области бизнес-информатики с процессами, алгоритмами и инструментами, относящимися к основным принципам машинного обучения.

Задачи курса: сформировать теоретические знания по основам машинного обучения для построения формальных математических моделей и интерпретации результатов моделирования; выработать умения по практическому применению методов машинного обучения при решении прикладных задач в различных областях; выработать умения и навыки использования библиотек языка Python для разработки систем машинного обучения.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части базового цикла (блок Б1). Для изучения курса необходимы базовые знания информатики, линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей, математической статистики, методов оптимизации.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-3	способностью работать с компьютером как средством информацией, работать с информацией из различных источников, в том числе в глобальных компьютерных сетях	знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– методы предварительной обработки данных (кодирование, стандартизация и нормализация, устранение выбросов, заполнение пропусков);</li><li>– методы отбора информативных признаков;</li><li>– методы классификации;</li><li>– методы регрессионного анализа</li><li>– методы анализа текстовых данных.</li></ul> уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>– анализировать многомерные данные и преодолевать вычислительные проблемы, связанные с высокой размерностью данных;</li></ul> владеть (иметь навык(и)): <ul style="list-style-type: none"><li>– построения и проверки качества моделей машинного обучения;</li><li>– интерпретации полученных результатов в терминах прикладной области с целью получения новых знаний и выводов;</li></ul>
ПК-6	управление контентом предприятия и Интернет-ресурсов, процессами создания и использования информационных сервисов (контент-сервисов)	знать: <ul style="list-style-type: none"><li>– возможности актуальных алгоритмов машинного обучения, которые широко используются на практике, основные сферы их применения;</li></ul> уметь: <ul style="list-style-type: none"><li>– применять методы машинного обучения при решении задач в различных прикладных областях;</li><li>– использовать библиотеки языка Python для</li></ul>

		<p>построения моделей машинного обучения; владеть (иметь навык(и)):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использования библиотек языка Python для построения систем, обучающихся по прецедентам.</li> </ul>
--	--	---

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 2/72.

Форма промежуточной аттестации *зачет*

## 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость (часы)		
		Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам
Аудиторные занятия		34	34	34
в том числе:	лекции			
	практические			
	лабораторные	34	34	34
Самостоятельная работа		38		38
Итого:		72	34	72
Форма промежуточной аттестации		Зачет		Зачет

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лабораторные занятия</b>		
1.1	Введение в машинное обучение. Основные определения и постановки задач.	Основные этапы решения задачи анализа данных. Примеры прикладных задач. 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
1.2	Обзор основных необходимых библиотек языка Python	Библиотека NumPy для оптимизированных вычислений над массивами данных. Введение в массивы библиотеки NumPy. Выполнение вычислений над массивами библиотеки NumPy, универсальные функции. Операции над данными в библиотеке Pandas. Обработка отсутствующих данных. Агрегирование и группировка. Визуализация с помощью библиотеки Matplotlib. Линейные графики, диаграммы рассеяния, гистограммы, трехмерные графики. Знакомство с библиотекой машинного обучения Scikit-Learn. Гиперпараметры и проверка качества модели
1.3	Построение и отбор признаков	Извлечение признаков (Feature Extraction). Преобразования признаков (Feature transformations): кодирование нечисловых данных, нормировка и калибровка, заполнение пропусков. Выбор признаков (Feature selection): статистические подходы, визуализация, отбор с использованием моделей
1.4	Решение задачи регрессии	Метод наименьших квадратов. Измерение ошибки в задачах регрессии ( $MSE$ , $RMSE$ , $MAE$ , $R^2$ ). Многомерная регрессия, проблема мультиколлинеарности. Регрессия, линейная по параметрам, полиномиальная регрессия. Решение проблемы переобучения: L1- регуляризация (Lasso), L2- Регуляризация (гребневая регрессия), эластичная сеть. Настройка гиперпараметров алгоритма с помощью n-кратной перекрестной проверки.

		Разбор примера построения модели линейной регрессии для задачи предсказания велосипедного трафика Отбор и кодирование признаков. Визуальное сравнение общего и предсказанного моделью трафика. Проверка качества. Построение модели линейной регрессии с помощью библиотеки Scikit-Learn для заданного набора данных. Анализ качества построенной модели.
1.5	Решение задачи классификации.	Линейная модель классификации. Логистическая регрессия как линейный классификатор. Функция потерь (ошибок классификации). Логистическая функция потерь с учетом L2-регуляризации. Использование полиномиальных признаков для нелинейного разделения. Confusion matrix (матрица ошибок классификации). Метрики качества классификации: accuracy (доля правильных ответов), precision (точность), recall (полнота), F1-мера. AUC-ROC – площадь под кривой ошибок. Метрическая классификация - метод ближайших соседей (kNN). Использование наивной байесовской модели для классификации Разбор примера построения модели логистической регрессии для задачи предсказания оттока клиентов мобильного оператора. Отбор и кодирование признаков. Проверка качества модели с помощью перекрёстной проверки. Построение модели логистической регрессии с помощью библиотеки Scikit-Learn. Анализ качества построенной модели
1.6.	Древовидные модели: деревья решений, случайный лес	Этапы построения дерева решений, выбор критерия точности прогноза. типа ветвления. Метрики ветвления на основе прироста информации (алгоритм ID3), нормализованного прироста информации (алгоритм C4.5), индекса Джини (алгоритм CART). Правила разбиения. Механизм отсечения дерева. Критерии останова алгоритма (минимальное число объектов, при котором выполняется расщепление, минимальное число объектов в листьях, максимальная глубина деревьев. Переобучение решающих деревьев. Случайный лес. Обучение случайного леса. Достоинства и недостатки случайного леса. Разбор примера построения модели дерева решений для задачи предсказания исхода футбольного матча. Анализ деревьев, полученных при использовании различных метрик. Построение модели случайного леса на примере задачи кредитного скоринга. Кодирование признаков и заполнение пропущенных данных. Построение моделей деревьев решений и случайного леса с помощью библиотеки Scikit-Learn для заданного набора данных. Анализ качества построенной модели.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в машинное обучение. Основные определения и постановки задач.			6	6	12
2	Обзор основных необходимых библиотек языка Python			8	10	18
3	Построение и отбор признаков			4	6	10
4	Решение задачи регрессии			4	4	8
5	Решение задачи классификации.			6	6	12
6	Древовидные модели: деревья решений,			6	6	12

	случайный лес					
		Итого			34	38
						72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Работа с конспектами занятий, презентациями, выполнение практических заданий для самостоятельной работы, выполнение лабораторных работ, использование рекомендованной литературы и методических материалов.

В рамках общего объема часов, отведенных для изучения дисциплины, предусматривается выполнение следующих видов самостоятельных работ студентов (СРС): изучение теоретического материала, написание программ по темам, изученным на лабораторных занятиях.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

##### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/100905">https://e.lanbook.com/book/100905</a>
2	Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / П. Флах. — Москва: ДМК Пресс, 2015. — 400 с. — ISBN 978-5-97060-273-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/69955">https://e.lanbook.com/book/69955</a>
3	Замятин И.В. Программирование на языке Python [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие : [для студ. 3-го курса, обучающихся по направлению 38.03.05 - Бизнес-информатика] / И.В. Замятин ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-160.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-160.pdf</a>

##### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Коэльо, Л. П. Построение систем машинного обучения на языке Python / Л. П. Коэльо, В. Ричарт; перевод с английского А. А. Слинкин. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2016. — 302 с. — ISBN 978-5-97060-330-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/82818">https://e.lanbook.com/book/82818</a>
5	Каширина И.Л. Нейросетевые технологии : учебно-методическое пособие для вузов / И.Л. Каширина ; Воронеж. гос. ун-т. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008. — 70 с. : ил. — <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-110.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m08-110.pdf</a> >.
6	Плас Дж. Вандер Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 576 с.
7	Прикладные методы анализа статистических данных [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.Р. Горяинова, А.Р. Панков, Е.Н. Платонов. — Электрон. дан. — М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2012. — 312 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65997">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=65997</a>
8	Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского. [Электронный ресурс] : / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. — Электрон. дан. — М.: Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=11843</a>

##### в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Источник
9	Электронная библиотечная система «Издательства «Лань». Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>

10	Б1.О.12 Интеллектуальный анализ данных / И.В. Замятин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6188">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6188</a>
11	Б1.В.ДВ.12.01 Практикум по машинному обучению / И.В. Замятин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10157">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10157</a>
12	Электронная библиотечная система ВГУ. Режим доступа: <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

Самостоятельная работа обучающегося должна включать подготовку к лабораторным занятиям, выполнение текущих заданий по освоению соответствующих тем курса, выполнение курсовой работы и подготовку к промежуточной аттестации. Для этого рекомендуется освоить теоретический материал соответствующих тем по конспектам лекций, презентационному материалу, размещенному на ЭО ресурсах, литературу из представленного перечня, материалы с тематических ресурсов сети Интернет.

№ п/п	Источник
1	Б1.О.12 Интеллектуальный анализ данных / И.В. Замятин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6188">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6188</a>
2	Б1.В.ДВ.12.01 Практикум по машинному обучению / И.В. Замятин — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10157">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=10157</a>
3	Электронная библиотечная система ВГУ. Режим доступа: <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a>

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Python 3 с подключенными библиотеками (дистрибутив Anaconda).

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс «Интеллектуальный анализ данных», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: ноутбук, мультимедиа-проектор, экран, операционная система Windows 10 для образовательных учреждений, БраузерMozillaFirefox (<https://www.mozilla.org/ru/>), пакет офисных программ LibreOffice (<https://ru.libreoffice.org/>)

Учебная аудитория для проведения практических занятий, текущей и промежуточной аттестации, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.); операционная система Windows 10 для образовательных учреждений;; браузерMozillaFirefox (<https://www.mozilla.org/ru/>); пакет офисных программ LibreOffice (<https://ru.libreoffice.org/>); язык программирования Python версия 3.0 или выше (свободное ПО), Jet Brains PyCharm Community Edition (15 шт.) (свободное и/или бесплатное ПО); Anaconda (15 шт.) (свободное и/или бесплатное ПО)

Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.); операционная система Windows 10 для образовательных учреждений;; браузерMozillaFirefox (<https://www.mozilla.org/ru/>); пакет офисных программ LibreOffice (<https://ru.libreoffice.org/>); Jet Brains PyCharm Community Edition (15 шт.) (свободное и/или бесплатное ПО); Anaconda (15 шт.) (свободное и/или бесплатное ПО)

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-3	Знать: – возможности актуальных алгоритмов машинного обучения, которые широко используются на практике, основные сферы их применения;	1.1. Введение в машинное обучение. Основные определения и постановки задач.	Задание для лабораторной работы 1
	Уметь: – применять методы машинного обучения при решении задач в различных прикладных областях; – использовать библиотеки языка Python для построения моделей машинного обучения;	1.2 Обзор основных необходимых библиотек языка Python 1.3 Построение и отбор признаков 1.4. Древоподобные модели: деревья решений, случайный лес	
	Владеть: – навыками использования библиотек языка Python для построения систем, обучающихся по прецедентам.	1.2 Обзор основных необходимых библиотек языка Python	
ПК-6	Знать: – методы предварительной обработки данных (кодирование, стандартизация и нормализация, устранение выбросов, заполнение пропусков); – методы отбора информативных признаков; – методы регрессионного анализа.; – методы классификации.	1.3 Построение и отбор признаков 1.4. Решение задачи регрессии 1.5 Решение задачи классификации. 1.6. Древоподобные модели: деревья решений, случайный лес	Задание для лабораторной работы 2
	Уметь: – анализировать многомерные данные и преодолевать вычислительные проблемы, связанные с высокой размерностью данных.	1.3 Построение и отбор признаков 1.4. Решение задачи регрессии 1.5 Решение задачи классификации.	
	Владеть: – навыками построения и проверки качества моделей машинного обучения; – интерпретации полученных результатов в терминах прикладной области с целью получения новых знаний и выводов;	1.2 Обзор основных необходимых библиотек языка Python 1.3 Построение и отбор признаков	
<b>Промежуточная аттестация</b>			Комплект КИМ

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории машинного обучения;
- 2) умение анализировать многомерные данные и преодолевать вычислительные проблемы, связанные с высокой размерностью данных;
- 3) умение применять методы машинного обучения при решении задач в различных прикладных областях;
- 5) владение навыками использования библиотек языка Python для построения систем, обучающихся по прецедентам
- 6) владение навыками построения и проверки качества моделей машинного обучения;
- 7) владение навыками интерпретации полученных результатов в терминах прикладной области с целью получения новых знаний и выводов.

По учебному плану предусмотрен **зачет**.

Критерии оценки **«зачтено»** — продемонстрировано знание теоретического материала, положительные результаты решения тестовых лабораторных работ.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), сдал все лабораторные работы.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не сдал хотя бы одну лабораторную работу.</i>	–	<i>Не зачтено</i>

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень заданий для лабораторных работ**

##### ***Лабораторная работа № 1 (по теме линейная регрессия)***

- 1) Разбейте предоставленный Вам преподавателем набор данных на обучающую и тестовую части в соотношении 8:2.
- 2) Обучите, а затем провалидируйте на тестовых данных следующие модели, используя в качестве метрики качества  $R^2$ , предварительно отмасштабировав данные
  - LinearRegression;
  - Lasso с коэффициентом регуляризации, равным 0.01.
- 3) Проанализируйте качество получившихся моделей и сравните количество строго нулевых весов в них.

##### ***Лабораторная работа № 2 (по теме решение задачи классификации)***

- 1) Разбейте предоставленный Вам преподавателем набор данных на обучающую и тестовую части в соотношении 8:2.
- 2) Проведите предобработку данных: заполнение пропусков, кодирование, масштабирование
- 3). Обучите, а затем провалидируйте на тестовых данных модель логистической регрессии, наивный байесовский классификатор, дерево решений.
- 4) Вычислите значения метрик: recall, precision, F1-мера, AUC-ROC. Постройте ROC-кривую.

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: письменных работ (лабораторные работы).

Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.



Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.