

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Машинное обучение

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы

Искусственный интеллект

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.05 Машинное обучение относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции<br>(код, содержание компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции  |   | Наименование оценочного средства   |                                 |
|---|--|---|------------------------------------|---------------------------------|
|   | Индикатор достижения компетенции<br>(код, содержание индикатора)   | Результаты обучения по дисциплине   | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации    |
| ПК-3: Способен эксплуатировать, разрабатывать и развивать системное и прикладное программное обеспечение, новые информационные технологии на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий, и управлять такой эксплуатацией и разработкой в области профессиональной деятельности | ПК-3.1: Знает основы ИТ и имеет навыки анализа современного состояния науки и информационных технологий в области профессиональной деятельности<br>ПК-3.2: Умеет применять навыки проектирования и разработки и развития ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области профессиональной деятельности<br>ПК-3.3: Имеет практический опыт управления разработкой и развитием ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области профессиональной деятельности | ПК-3.1:<br>Знать алгоритмы и методы машинного обучения<br><br>ПК-3.2:<br>Уметь использовать методы и алгоритмы машинного обучения на практике, оценивать качество методов.<br><br>ПК-3.3:<br>Владеть современными программными средствами для решения задач машинного обучения: библиотекой Scikit-Learn, или средой языка Python или средой R для статистический вычислений; опытом реализации программных систем для решения практических задач с использованием методов машинного обучения | Задачи                             | Экзамен:<br>Контрольные вопросы |

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
|                                 | <b>очная</b> |
| <b>Общая трудоемкость, з.е.</b> | <b>4</b>     |
| <b>Часов по учебному плану</b>  | <b>144</b>   |
| в том числе                     |              |

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| <b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>                           |                             |
| - занятия лекционного типа   | <b>32</b>                   |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | <b>32</b>                   |
| - КСР  | <b>2</b>                    |
| <b>самостоятельная работа</b>  | <b>42</b>                   |
| <b>Промежуточная аттестация</b>  | <b>36</b><br><b>Экзамен</b> |

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины          | Всего<br>(часы) | в том числе  |  |             |   |
|---|-----------------|--|--|-------------|---|
|   |                 | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |  |             | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|   |                 | Занятия лекционного типа   | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего       |   |
|   | о<br>ф<br>о     | о<br>ф<br>о  | о<br>ф<br>о  | о<br>ф<br>о | о<br>ф<br>о                               |
| Постановка задач машинного обучения             | 28              | 8  | 8  | 16          | 12  |
| Обучение с учителем                             | 26              | 8  | 8  | 16          | 10  |
| Обучение без учителя                            | 30              | 10   | 10   | 20          | 10  |
| доверенный и объяснимый искусственный интеллект | 22              | 6  | 6  | 12          | 10  |
| Аттестация                                      | 36              |  |  |             |   |
| КСР   | 2               |  |  |             | 2   |
| Итого   | 144             | 32   | 32   | 66          | 42  |

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Содержательная постановка задачи машинного обучения. Дедуктивное и индуктивное обучения. Признаковое описание объектов. Обучения с учителем (обучение по прецедентам) и обучение без учителя. Решающая функция (решающее правило). Обобщающая способность решающей функции (проблема качества обучения). Задачи классификации и задачи восстановления регрессии. Вероятностная постановка задачи обучения по прецедентам. Принцип минимизации эмпирического риска. Байесовская теория решений. Принцип максимума апостериорной вероятности. Регрессионная функция. Байесовский классификатор. Метод ближайшего соседа в задачах классификации и восстановления регрессии. Метод наименьших квадратов для решения задачи восстановления регрессии. Его вывод на основе метода максимального правдоподобия. Линейная регрессионная модель. Система нормальных уравнений. Основы регрессионного анализа (проверка значимости коэффициентов, коэффициент детерминации Пирсона, доверительные интервалы, анализ остатков). Экспериментальные методы оценки качества обучения. Разделение данных на обучающую и тестовую выборки. Метод скользящего контроля. Проблема переобучения при решении задачи восстановления регрессии. Методы борьбы с переобучением: сокращение числа параметров, регуляризация (ридж-регрессия), метод лассо. Трудоемкость методов. Метод ближайших соседей для решения задачи классификации. Теорема об

оценке риска в методе ближайшего соседа. Наивный байесовский классификатор. Линейный дискриминантный анализ. Квадратичный дискриминантный анализ. Логистическая регрессия. Нейронные сети. Персептрон Розенблатта. Алгоритм обучения персептрона как метод стохастического градиентного спуска. Нейронные сети для решения задач классификации и восстановления регрессии. Обучение сети. Регуляризация, как метод борьбы с переобучением. Понятие о глубоких нейронных сетях. Машина опорных векторов. Ядра и спрямляющие пространства. Деревья решений. Метод CART (classification and regression trees) для решения задач классификации и восстановления регрессии. Отсечения ветвей и выбор финального дерева. Методы обработки пропущенных значений.

Ансамбли решающих правил (классификаторов). Простое и взвешенное голосование. Бустинг. Алгоритм AdaBoost. Оценка ошибки предсказания. Бустинг и аддитивные модели. Градиентный бустинг. Алгоритм градиентного бустинга деревьев решений (MART). Баггинг. Алгоритм случайных деревьев (случайный лес). Обучение без учителя. Кластеризация. Кластеризация методами теории графов. Метод центров тяжести. Метод медиан. Метод нечетких множеств. EM-алгоритм. Иерархическая кластеризация. Агломеративные и разделяющие методы. Основы теории Вапника–Червоненкиса. Лемма Бернштейна. Теорема о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в случае конечного класса решающих правил. Обоснование принципа минимизации эмпирического риска. Размерность Вапника–Червоненкиса. Лемма Зауэра. Теорема о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в случае конечной размерности Вапника–Червоненкиса. Принцип структурной минимизации риска. Определение и признаки доверенного искусственного интеллекта. Требования, предъявляемые к доверенному искусственному интеллекту. Основные принципы построения доверенного ИИ. Риски использования доверенного искусственного интеллекта и способы их измерения. Понятие логически прозрачного и объяснимого искусственного интеллекта. Разные типы объяснимого ИИ. Основные принципы создания объяснимого искусственного интеллекта. Объяснимость данных, учет важности признаков и их отбор.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для подготовки к практическим занятиям, самостоятельной работы и промежуточной аттестации рекомендуются электронные ресурсы <http://www.uic.unn.ru/~zny/ml/>

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:**

1. Дана обучающая выборка

|       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x_1$ | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| $x_2$ | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| $y$   | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Методом линейного дискриминантного анализа для каждого класса построить дискриминантную функцию и записать уравнение разделяющей поверхности.

2. Дана обучающая выборка (см. таблицу выше). Методом квадратичного дискриминантного анализа построить дискриминантные функции.
3. Дана обучающая выборка (см. таблицу выше). С помощью наивного байесова классификатора оценить вероятности  $P(Y = 1 | x_1 = 1, x_2 = 2)$
4. Дана обучающая выборка:

|     |    |    |   |   |   |
|-----|----|----|---|---|---|
| $x$ | -1 | 0  | 0 | 1 | 2 |
| $y$ | 1  | -2 | 1 | 7 | 8 |

Методом наименьших квадратов построить полиномиальную модель вида  $f(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$ .

5. Дана обучающая выборка (см. выше). Методом ридж-регрессии построить полиномиальную модель вида  $f(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$ , если параметр регуляризации  $\lambda = 2$ .

## Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка     | Критерии оценивания  |
|------------|--|
| зачтено    | Задача решена полностью или решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами |
| не зачтено | Задача не решена или сделан первый этап решения задачи                                   |

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций) | плохо   | неудовлетворительно   | удовлетворительно  | хорошо  | очень хорошо  | отлично  | превосходно  |
|---|---|---|--|---|---|--|--|
|   | не зачтено  |   |  | зачтено   |   |  |  |
| <u>Знания</u>   | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u>   | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие  | При решении стандартных задач не продемонстрированы                   | Продемонстрированы основные умения. Решены                           | Продемонстрированы все основные умения.   | Продемонстрированы все основные умения.   | Продемонстрированы все основные умения.                                    | Продемонстрированы все основные умения. Решены все         |

|               |  |   |   |   |  |   |   |
|---------------|--|---|---|---|--|---|---|
|               | умений вследствие отказа обучающегося от ответа  | основные умения. Имели место грубые ошибки  | типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме       | Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами | Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами                           | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов       | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов                          | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач     |

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка     |                            | Уровень подготовки   |
|------------|----------------------------|--|
| зачтено    | <b>превосходно</b>         | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
|            | <b>отлично</b>             | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».  |
|            | <b>очень хорошо</b>        | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»  |
|            | <b>хорошо</b>              | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».   |
|            | <b>удовлетворительно</b>   | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»                                     |
| не зачтено | <b>неудовлетворительно</b> | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».   |
|            | <b>плохо</b>               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»  |

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

- 1) Вероятностная постановка задачи обучения по прецедентам. Принцип минимизации эмпирического риска. Байесовская теория решений. Принцип максимума апостериорной вероятности. Байесов классификатор.
- 2) Экспериментальные методы оценки качества обучения.
- 3) Метод наименьших квадратов для решения задачи восстановления регрессии. Его вывод на основе метода максимального правдоподобия. Линейная регрессионная модель. Система нормальных уравнений. Основы регрессионного анализа (проверка значимости коэффициентов, коэффициент детерминации Пирсона, доверительные интервалы, анализ остатков).
- 4) Проблема переобучения при решении задачи восстановления регрессии. Методы борьбы с переобучением: сокращение числа параметров, регуляризация (ридж-регрессия), метод лассо. Трудоемкость методов.
- 5) Метод ближайших соседей для решения задачи классификации. Теорема об оценке риска в методе ближайшего соседа.
- 6) Наивный байесовский классификатор.
- 7) Линейный дискриминантный анализ. Квадратичный дискриминантный анализ. Логистическая регрессия.
- 8) Нейронные сети. Персептрон Розенблатта. Алгоритм обучения персептрона как метод стохастического градиентного спуска. Нейронные сети для решения задач классификации и восстановления регрессии. Обучение сети. Регуляризация как метод борьбы с переобучением. Понятие о глубоких нейронных сетях.
- 9) Машина опорных векторов. Ядра и спрямляющие пространства.
- 10) Деревья решений. Метод CART (classification and regression trees) для решения задач классификации и восстановления регрессии. Отсечения ветвей и выбор финального дерева. Методы обработки пропущенных значений.
- 11) Ансамбли решающих правил (классификаторов). Простое и взвешенное голосование. Бустинг. Алгоритм AdaBoost. Оценка ошибки предсказания. Бустинг и аддитивные модели. Градиентный бустинг. Алгоритм градиентного бустинга деревьев решений (MART). Баггинг. Алгоритм случайных деревьев (.случайный лес.).
- 12) Обучение без учителя. Кластеризация. Кластеризация методами теории графов. Метод центров тяжести. Метод медиан. Метод нечетких множеств. EM-алгоритм.
- 13) Иерархическая кластеризация. Агломеративные и разделяющие методы.
- 14) Основы теории Вапника–Червоненкиса. Лемма Бернштейна. Теорема о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в случае конечного класса решающих правил. Обоснование принципа минимизации эмпирического риска.

15) Размерность Вапника– Червоненкиса. Лемма Зауэра. Теорема о равномерной сходимости эмпирического риска к ожидаемому риску в случае конечной размерности Вапника–Червоненкиса. Принцип структурной минимизации риска.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

| Оценка              | Критерии оценивания   |
|---------------------|---|
| превосходно         | свободное владение основным и дополнительным материалом без ошибок и погрешностей   |
| отлично             | свободное владение основным материалом с незначительными ошибками и погрешностями   |
| очень хорошо        | достаточное владение основным материалом с незначительными погрешностями  |
| хорошо              | владение основным материалом с рядом заметных погрешностей  |
| удовлетворительно   | владение минимальным материалом, необходимым по данному предмету, с рядом ошибок  |
| неудовлетворительно | владение материалом недостаточно, необходима дополнительная подготовка. Работу за время семестра можно оценить как неудовлетворительную |
| плохо               | отсутствие владения материалом. Работа за время семестра была оценена на «плохо»  |

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Платонов А. В. Машинное обучение : учебное пособие / А. В. Платонов. - Москва : Юрайт, 2022. - 85 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/508804> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-15561-7 : 319.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=821948&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных : монография / Флах П. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 401 с. - ISBN 978-5-89818-300-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=878863&idb=0>.  
 2. Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения / Рашка С. - Москва : ДМК-пресс, 2017., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=659331&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. The R Project for Statistical Computing <https://www.r-project>
2. Welcome to Python.org <https://www.python.org/>
3. scikit-learn: machine learning in Python [scikit-learn.org/](https://scikit-learn.org/)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук, доцент  
Пройдакова Екатерина Вадимовна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.