

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**

Обучение с подкреплением

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Компьютерные науки и приложения

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Обучение с подкреплением относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-11.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.</p> <p>ПК-11.2: Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.3: Иметь навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач.</p>	<p>ПК-11.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых задач обучения с подкреплением и систем линейных неравенств. Владеть навыком анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых основных задач обучения с подкреплением и теории систем линейных неравенств</p> <p>ПК-11.2: Уметь решать основные задачи теории систем линейных неравенств и машинного обучения и применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей. Владеть способностью разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач машинного обучения.</p> <p>ПК-11.3: Уметь применять принципы управления разработкой, а также разрабатывать и</p>	Задачи	Зачёт: Задачи

		<p>анализировать и сопровождать проекты создания (модификации) алгоритмов и их программной реализации обучения с подкреплением, целочисленного линейного программирования, машинного обучения.</p> <p>Владеть способностями осуществлять научное руководство коллективом специалистов, создающих алгоритмы и их программные реализации обучения с подкреплением, целочисленного линейного программирования, машинного обучения.</p>		
<p>ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач</p>	<p>ПК-4.1: Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p> <p>ПК-4.2: Уметь применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p> <p>ПК-4.3: Иметь навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p>	<p>ПК-4.1:</p> <p>Знать принципы управления разработкой, а также разрабатывать и анализировать и сопровождать проекты создания (модификации) алгоритмов и их программной реализации задач целочисленного линейного программирования, машинного обучения и обучения с подкреплением.</p> <p>Уметь применять принципы управления разработкой, а также разрабатывать и анализировать и сопровождать проекты создания (модификации) алгоритмов и их программной реализации задач обучения с подкреплением, целочисленного линейного программирования, машинного обучения.</p> <p>ПК-4.2:</p> <p>Уметь решать основные задачи обучения с подкреплением и машинного обучения.</p> <p>Владеть способами совершенствования</p>	Задачи	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		<p>собственной деятельности на основе самооценки и применять углубленные знания в области обучения с подкреплением и машинного обучения.</p> <p><b>ПК-4.3:</b>          Уметь применять типовые математические методы машинного обучения для обучения студентов различных уровней образования методологии решения задач обучения с подкреплением, целочисленного линейного программирования, машинного обучения и систем линейных неравенств.          Владеть практическим опытом разработки системного и прикладного программного обеспечения для обучения студентов различных уровней образования методам решения задач целочисленного линейного программирования, машинного обучения и систем линейных алгебраических неравенств.</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b>
	<b>Зачёт</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 (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	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Постановка задач	33	4	4	8	25
Решение задач с построением моделей	37	6	6	12	25
Решение задач без построения моделей	37	6	6	12	25
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Примеры использования обучения с подкреплением. Постановка задачи и основные определения. Марковский процесс принятия решений. Динамическое программирование в обучении с подкреплением. Итерации по стратегиям. Динамическое программирование в обучении с подкреплением. Итерации по функции вознаграждения. Обучение с использованием темпоральных разностей. TD-методы. Q-обучение. SARSA. Их обобщения. Некоторые примеры. Программа Самуэля игры в шашки. TD-Gammon.

Обучение с подкреплением и глубокие нейронные сети. Основные принципы. Обучение с подкреплением и глубокие нейронные сети. Примеры: AlphaGo, Atari.

#### 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 обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Машинное обучение и нейросетевой анализ данных в Python», созданный в системе открытых онлайн-курсов - MOOC - <https://online.edu.ru/public/course?faces-redirect=true&cid=11241779>. Курс лекций Золотых Н.Ю. Машинное обучение. <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-11:

1. Загрузите набор данных Spam ((<http://www-stat.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>). Разделите данные на обучающую и тестовую выборку (согласно меткам в файле spam.traintest). Сравните качество обучения с использованием метода опорных векторов и  $K$  ближайших соседей. Параметры моделей выберите на Ваше усмотрение.
2. Загрузите набор данных Spam ((<http://www-stat.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>). Разделите данные на обучающую и тестовую выборку (согласно меткам в файле spam.traintest). Сравните качество обучения с использованием деревьев решений и метода  $K$  ближайших соседей. Параметры моделей выберите на Ваше усмотрение.
3. Загрузите набор данных Spam ((<http://www-stat.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>). Разделите данные на обучающую и тестовую выборку (согласно меткам в файле spam.traintest). Сравните качество обучения с использованием деревьев решений и метода опорных векторов. Параметры моделей выберите на Ваше усмотрение.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. 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  $\lambda = 2$ .
2. Доказать, что в случае квадратичной функции потерь минимум среднему риску доставляет условное среднее. Чему равен при этом средний риск?
3. Доказать, что если функция потерь равна модулю разности, то минимум среднему риску доставляет условная медиана. Чему равен при этом средний риск?
4. Пусть ответ задается в виде аналитической функции  $x \text{ XOR } ((y \text{ XOR } z) \text{ OR } w)$ , где  $w, x, y$  и  $z$  – принимают значение TRUE или FALSE. Постройте дерево решений, предсказывающее ответ с нулевой ошибкой.

### 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 (индикатора 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 умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все 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	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

## Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

<b>зачтено</b>	<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»
<b>не зачтено</b>	<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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-11

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.

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

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

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

- 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



Оценка	Критерии оценивания

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Марковский процесс принятия решений.
2. Динамическое программирование в обучении с подкреплением. Итерации по стратегиям.
3. Итерации по функции вознаграждения.
4. Обучение с использованием темпоральных разностей. TD-методы.
5. Q-обучение.
6. SARSA.
7. Программа Самуэля игры в шашки.
8. TD-Gammon.
9. Обучение с подкреплением и глубокие нейронные сети. Основные принципы.
10. AlphaGo,
11. Обучение с подкреплением при программировании стратегии в игры Atari.

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

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Владение основным и дополнительным материалом достаточное или с незначительными ошибками и погрешностями
не зачтено	владение материалом, необходимым по данному предмету, недостаточно. Работу за время семестра можно оценить как неудовлетворительную

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

Основная литература:

1. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / Флах П. - Москва : ДМК-пресс, 2015., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647134&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. 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. Платформа для решений задач обучения с подкреплением OpenAI Gym:  
<https://www.openai.com/>
2. Python Machine Learning Library PyBrain: <http://pybrain.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 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Золотых Николай Юрьевич, доктор 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.