

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

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.04 Обучение с подкреплением 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 (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 |
| ОПК-1: Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы прикладной математики, фундаментальной информатики и информационных технологий | ОПК-1.1: Обладает фундаментальными знаниями в области математических и естественных наук, теории коммуникаций. ОПК-1.3: Имеет практический опыт работы с решением математических задач и применяет его в профессиональной деятельности. | ОПК-1.1: Знать базовые алгоритмы вычислительной математики, условия их применимости, теоретические оценки трудоемкости, и методы их распараллеливания Уметь использовать углубленные теоретические знания в области фундаментальной информатики и информационных технологий для решения задач целочисленного линейного программирования, машинного обучения и обучения с подкреплением. ОПК-1.3: Уметь профессионально разрабатывать и использовать программное обеспечение параллельных численных методов. Владеть методами анализа трудоемкости параллельных алгоритмов. | Задачи | Экзамен: Задачи Контрольные вопросы |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|-------|
| | очная |
|--|-------|

| | |
|--|----------------|
| Общая трудоемкость, з.е. | 5 |
| Часов по учебному плану | 180 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 32 |
| - КСР | 2 |
| самостоятельная работа | 78 |
| Промежуточная аттестация | 36 |
| | Экзамен |

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/ лабора- торные работы), часы | Всего | |
| | о ф о | о ф о | о ф о | о ф о | о ф о |
| Постановка задач | 42 | 8 | 8 | 16 | 26 |
| Решение задач с построением моделей | 50 | 12 | 12 | 24 | 26 |
| Решение задач без построения моделей | 50 | 12 | 12 | 24 | 26 |
| Аттестация | 36 | | | | |
| КСР | 2 | | | 2 | |
| Итого | 180 | 32 | 32 | 66 | 78 |

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 ОПК-1:

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 К 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 К 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.

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 |
|---------|-------------|--|
| зачтено | превосходно | 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 |

| | | |
|-------------------|----------------------------|--|
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворительно | 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 | неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | 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 ОПК-1

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 $f(x) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$.

5. Дана обучающая выборка (см. выше). Методом ридж-регрессии построить полиномиальную модель вида $f(x) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2$, если параметр регуляризации $\lambda = 2$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|--------------|--|
| превосходно | Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| отлично | Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. |
| очень хорошо | Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но |

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|--|
| | некоторые с недочетами |
| хорошо | Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами |
| удовлетворительно | Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. |
| неудовлетворительно | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки |
| плохо | Отсутствие минимальных умений решения задач. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа |

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

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 |
|-------------|---|
| превосходно | свободное владение основным и дополнительным материалом без ошибок и погрешностей |

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------------------|---|
| 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. 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/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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.