

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 Ученого совета ННГУ  
от 30.11.2022 г. протокол № 13

## **Рабочая программа дисциплины**

**Обучение с подкреплением**

---

**Уровень высшего образования  
магистратура**

---

**Направление подготовки  
010402 Прикладная математика и информатика**

---

**Направленность образовательной программы  
Вычислительные методы и суперкомпьютерные технологии**

---

**Форма обучения  
очная**

---

Нижегород  
2022

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

### Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина (Б1.В.ДВ.04.04) читается во втором семестре магистратуры, относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

### Цель освоения дисциплины

Цель данной дисциплины состоит в формировании у студентов компетенций в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 01.04.02. – Прикладная математика и информатика.

Содержание дисциплины направлено на освоение алгоритмов и методов обучения с подкреплением (reinforcement learning); формирование умений и навыков в решении практических задач с методов обучения с подкреплением.

В результате освоения дисциплины студенты должны

#### Знать

- постановки задач обучения с подкреплением, определение марковского процесса принятия решений;
- основные подходы и алгоритмы решения задачи обучения с подкреплением (итерации по стратегиям, итерации по функции полезности, обучение с использованием темпоральных разностей, TD-методы, Q-обучение, алгоритм SARSA, их обобщения);
- подходы к использованию глубоких нейронных сетей в обучении с подкреплением.

#### Уметь

- использовать имеющиеся знания для решения практических задач обучения с подкреплением.

#### Иметь навыки

- решения практических задач с использованием методов обучения с подкреплением.

## 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	
<i>ПК-4 Способность разрабатывать и</i>	<i>ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и</i>	<i>ЗНАТЬ Постановки задач обучения с подкреплением</i>	Собеседование (зачет)

анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	теоретических моделей решаемых научных проблем и задач		
	ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УМЕТЬ Использовать методы обучения с подкреплением для решения практических задач	Лабораторная работа (текущий контроль)
	ПК-4.3 Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	ВЛАДЕТЬ Способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели машинного обучения с подкреплением	Лабораторная работа (текущий контроль)
ПК-11 Способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	ПК-11.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	ЗНАТЬ – Основные алгоритмы и методы обучения с подкреплением – Подходы к использованию глубоких нейронных сетей в обучении с подкреплением	Собеседование (зачет)
	ПК-11.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	УМЕТЬ Использовать программное обеспечение для решения практических задач с использованием обучения с подкреплением	Лабораторная работа (текущий контроль)
	ПК-11.3 Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач	ВЛАДЕТЬ Опытом реализации программных систем для решения практических задач с использованием методов обучения с подкреплением	Лабораторная работа (текущий контроль)

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Трудоемкость дисциплины

	<b>Очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>3 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	<b>33</b>
– занятия лекционного типа	16
– занятия семинарского типа	0
– занятия лабораторного типа	16
– текущий контроль (КСР)	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация: зачет</b>	<b>0</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		из них				
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов			
Введение. Примеры использования обучения с подкреплением. Постановка задачи и основные определения.	12	1	1	2	10	
Марковский процесс принятия решений.	18	1	1	2	15	
Динамическое программирование в обучении с подкреплением. Итерации по стратегиям. Итерации по функции вознаграждения.	18	4	4	8	10	
Обучение с использованием темпоральных разностей. TD-методы. Q-обучение. SARSA. Их обобщения.	23	4	4	8	15	
Некоторые примеры. Программа Самуэля игры в шашки. TD-Gammon.	16	3	3	6	10	
Обучение с подкреплением и глубокие нейронные сети. Основные принципы. Примеры: AlphaGo, Atari.	20	3	3	6	15	
Текущий контроль (КСР)	1			1		
Промежуточная аттестация – зачет	0					
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>33</b>	<b>75</b>	

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках лекционных занятий, групповых или индивидуальных консультаций. Промежуточный контроль осуществляется на экзамене.

Промежуточная аттестация проходит в форме зачета.

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

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Проработка теоретического материала лекционных занятий.
- Подготовка домашних заданий.
- Подготовка к промежуточной аттестации в форме зачета и экзамена.

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	Плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо	Отлично	Превосходно
	Не зачтено			Зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможно оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи.

	умений вследствие отказа обучающегося от ответа	умения. Имели место грубые ошибки.	негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач 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 оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

### 5.2.1. Контрольные вопросы

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

### 5.2.2. Типовые задания для оценки компетенций ПК-4, ПК-11

Практические задания включают в себя разработку программной системы для решения той или иной задачи обучения с подкреплением. Студенты сами выбирают прикладную задачу и согласовывают свой выбор с преподавателем. Возможные темы включают программирование логических и динамических игр, робототехника и др. Необходимо запрограммировать не менее 3 различных методов обучения с учителем и экспериментально сравнить их эффективность для рассматриваемой задачи.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- Воронцов К.В. Машинное обучение. Курс лекций. <http://www.machinelearning.ru>.
- Золотых Н.Ю. Машинное обучение. Курс лекций. Нижний Новгород: ННГУ, 2007. <http://www.uic.nnov.ru/~zny/ml>.

б) дополнительная литература:

- Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The elements of statistical learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd Edition. Springer, 2009 <http://www-stat.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

- Платформа для решений задач обучения с подкреплением OpenAI Gym: <https://www.openai.com/>.
- Python Machine Learning Library PyBrain: <http://pybrain.org/>.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и лабораторного типа), оснащенные оборудованием и 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 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Автор: Н.Ю. Золотых

Заведующий кафедрой: Н.Ю. Золотых

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.